## Microlog Microfiche Collection
## Resolution Chart

### *Copyright*

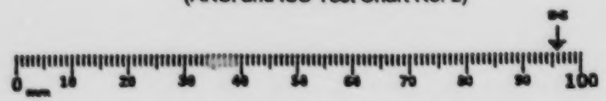
Copyright for the *contents* of this microfiche is held by the publisher of the original document. Please contact the original publisher for guidance in all copyright matters. Copyright in this ***microfiche edition*** is held by Micromedia Limited.

### *Quality of the Microfiche Reproduction*

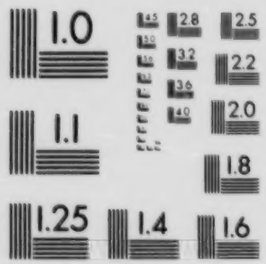
Micromedia Limited maintains the highest standards for micrographic reproduction. Attempts are made to obtain the best quality print version to microfilm. However, there are some printing styles, colours and graphic layout styles (including maps, graphs and tables) which do not reproduce well. Because of the value of the original document, Micromedia has filmed it recognizing that it may not be as easy to read as the original document.

Some pages have been filmed twice to improve the clarity of the reproduction. Consult both reproductions to ensure that all of the original text is read.

***Microcopy Resolution Test Chart***
National Bureau of Standards
Standard Reference Material 1010a
(ANSI and ISO Test Chart No. 2)




PM-1 3½"x4" PHOTOGRAPHIC MICROCOPY TARGET
NBS 1010a ANSI/ISO #2 EQUIVALENT




MS109

24x

micromedia
a division of IHS Canada

20 Victoria Street, Toronto, ON M5C 2N8
Tel.: (416) 362-5211
Toll free: 1-800-387-2689
Fax: (416) 362-6161



## Collection MICROLOG sur Micromédia
## Tableau de résolution

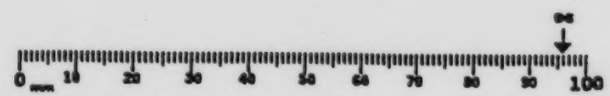
### *Droits d'auteurs*

Les droits d'auteurs du conenu de cette microfiche sont détenus par l'éditeur du document original. Veuillez communiquer avec celui-ci pour obtenir des renseignements sur tout ce qui touche les droits d'auteurs. Les droits d'auteurs de cette édition sur microfiche sont détenus par Micromédia Limitée.

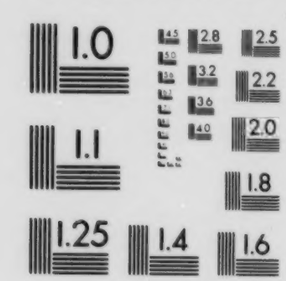
### *Qualité de reproduction sur microfiche*

Micromédia Limitée maintient les normes de reproduction micrographique les plus élevées. Elle fait tout son possible pour obtenir la version sur papier à reproduire sur microfiche de la meilleure qualité possible. Cependant, certains styles d'imprimerie, de couleurs et de style de mise en page graphique (incluant des cartes, des grahiques et des tableaux) se reproduisent mal. En raison de la valeur du document original, Micromédia l'a reproduit tout en reconnaissant qu'il ne sera peut-être pas aussi lisable que le document original.

***Tableau de résolution micrographique***
National Bureau of Standards
Standard Reference Material 1010a
(ANSI and ISO Test Chart No. 2)




PM-1 3½"x4" PHOTOGRAPHIC MICROCOPY TARGET
NBS 1010a ANSI/ISO #2 EQUIVALENT




MS109

24x

micromedia
a division of IHS Canada

20 Victoria Street, Toronto, ON M5C 2N8
Tel.: (416) 362-5211
Toll free: 1-800-387-2689
Fax: (416) 362-6161

Agriculture Canada

Canada

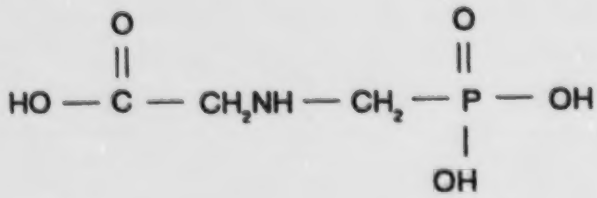
Direction générale de la production et de l'inspection des aliments

Food Production and Inspection Branch

# Document de travail

**D91-01**

## EMPLOI AVANT RÉCOLTE DU GLYPHOSATE



## HERBICIDE

DIVISION DE LA GESTION DES PRODUITS — LE 27 NOVEMBRE 1991

Ce document est publié par la Division de la gestion des demandes d'homologation et de l'information, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec :

Coordonnatrice des publications
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Santé Canada
L.A. 6606D1
2250, promenade Riverside
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9

Téléphone : (613) 736-3592
Télécopieur : (613) 736-3666
Service de renseignements : 1-800-267-6315
(au Canada seulement)
Internet : GLEWIS@PMRA.HWC.CA
http://www.hwc.ca/pmra

Canada

## RÉSUMÉ

Le but du présent document de travail est de présenter une synthèse des données examinées et d'exposer les grandes lignes des considérations et des options réglementaires concernant l'emploi du glyphosate avant la récolte du blé, de l'orge, du soja, des pois, des lentilles, du colza canola, du lin et des plantes fourragères comme la luzerne.

En ce moment, l'épandage voie aérienne n'est pas envisagé. Toutefois, sachant que les parties intéressées soulèveront la question de ce mode d'épandage, Agriculture Canada a entrepris un premier examen de la question.

Vos commentaires sur le contenu du présent document sont les bienvenus. Veuillez avoir l'obligeance de les adresser par écrit dans les 60 jours suivant la date de publication aux agents provinciaux chargés des pesticides, conformément aux directives présentées dans l'introduction du présent document.

Le glyphosate, un herbicide non sélectif, constitue la matière active des herbicides commerciaux Roundup[MD], Vision[MD] et (en combinaison avec le 2,4-D), Rustler[MD]. Divers herbicides contenant du glyphosate et destinés à un usage domestique sont également homologués.

L'épandage avant récolte du glyphosate a été homologué depuis le début des années 1980 pour une série de cultures vivrières dans de nombreux autres pays. Au plan international, les limites maximales de résidus (LMR) pour ces cultures ont été approuvées par la Commission du Codex Alimentarius.

Agriculture Canada, en collaboration avec des conseillers du ministère de la Santé et du Bien-être social, de l'Environnement, des Pêches et des Océans du Canada, ainsi que de la Commission canadienne des grains, vient de terminer l'évaluation des données qui lui ont été soumises par le demandeur, à l'appui de l'emploi avant récolte du glyphosate.

Avantages au plan agronomique et économique

L'emploi avant récolte du glyphosate pourrait représenter une option supplémentaire intéressante quant à la période d'épandage de produits destinés à détruire les mauvaises herbes vivaces et pourrait, dans certaines régions, contribuer à réduire le recours aux travaux des champs pour lutter contre ces mêmes mauvaises herbes. En conséquence, l'épandage avant récolte du glyphosate peut constituer une technique précieuse de préservation des sols.

L'épandage avant récolte du glyphosate pourrait également représenter un instrument utile d'aide à la récolte (dessiccant). Ce traitement peut accélérer le dessèchement

des cultures et des mauvaises herbes, permettant ainsi une récolte hâtive ou plus aisée. Ce fait peut, à son tour, entraîner une réduction des risques de dépérissement ou d'appauvrissement des cultures causés par le mauvais temps ou par des conditions de récolte défavorables. Le demandeur d'homologation n'a pas réussi à prouver que l'usage du glyphosate en prérécolte avait aussi la propriété d'aider à la récolte, comme il est décrit dans le texte de l'étiquette proposée.

Dans une étude entreprise pour le compte du demandeur, un expert-conseil arrive à la conclusion que les principaux avantages économiques d'un épandage avant récolte consisteraient en l'amélioration du rendement des cultures. Cet accroissement de rendement proviendrait de la réduction de la densité des mauvaises herbes vivaces empiétant sur les cultures, dans des zones où l'usage de traitements effectués à partir d'herbicides actuellement homologués n'est pas praticable. L'étude en question n'a pas tenté d'établir les avantages du procédé pour l'aide à la récolte.

Considérations relatives à la santé

Santé et Bien-être social Canada a revu la base de données relative à la toxicologie du glyphosate, laquelle est considérée comme complète. La toxicité aiguë du glyphosate est très faible. Les études présentées ne contiennent pas de preuve de mutations, de malformations congénitales ou de cancers causés par le glyphosate.

Les risques d'exposition des travailleurs au produit ne devraient pas varier par suite de l'homologation de l'emploi du glyphosate avant récolte, puisque cet usage ne représente rien de plus qu'une modification de la période d'épandage. La quantité de glyphosate par hectare qui serait utilisée est inférieure ou égale à la quantité épandue conformément aux emplois actuellement homologués.

Résidus

Des limites maximales de résidus (LMR) ont été proposées pour inclusion dans le *Règlement sur les aliments et drogues* en vue de tenir compte de la présence possible de résidus de glyphosate dans les denrées alimentaires récoltées et dans d'autres produits agricoles. Le niveau de résidus prescrit par ces LMR n'est pas considéré comme entraînant un risque pour la santé des consommateurs.

Étant donné le mélange des grains traités et non traités dans les circuits de distribution et les effets du cloisonnement dans le processus de transformation, le volume des résidus de glyphosate décelés dans les farines ou les bières commerciales est censé être plus faible que celui décelé dans le blé ou l'orge traités. Par exemple, la Commission canadienne des grains conclut, qu'en réalité, il est probable que les résidus

présents dans la bière commerciale soient, à toutes fins pratiques, non décelables.

Questions relatives à la commercialisation

La Commission canadienne des grains (CCG) a évalué les emplois proposés par rapport aux risques qu'ils peuvent représenter pour l'exportation des récoltes de céréales, d'oléagineux ou de légumineuses à grain. La CCG ne s'oppose nullement à l'épandage au sol du glyphosate avant la récolte de ces cultures. Étant donné les incertitudes inhérentes à la prévision du degré d'utilisation de ces produits, aux niveaux et à la fréquence d'apparition des résidus dans les envois commerciaux ainsi qu'à l'acceptation de ces résidus par lesacheteurs, la CCG préconise l'adoption d'une période d'homologation temporaire afin de permettre l'évaluation de tous les effets potentiels de l'homologation sur les échanges commerciaux.

La Commission canadienne des grains s'oppose à l'homologation de l'épandage aérien du glyphosate pour quelque culture que ce soit avant que les effets de l'épandage au sol n'aient été évalués.

Aspects environnementaux

Le glyphosate n'est pas censé représenter un danger pour les oiseaux, les mammifères, les micro-organismes terrestres ou aquatiques, les lombrics ou les abeilles. Le glyphosate n'est pas toxique pour les poissons ou les invertébrés aquatiques, ce qui est le contraire pour l'agent tensioactif utilisé dans la préparation de Roundup[MD]. Toutefois, l'application au sol du Roundup[MD] pour un traitement de prérécolte ne devrait pas avoir d'effets notables sur le poisson ou sur son habitat pourvu qu'une zone tampon de 15 mètres soit observée.

Le glyphosate ne se déplace pas dans le sol et n'est pas assimilé par la racine des plantes. Bien que des études sur le terrain portant sur la dissipation du produit aient été menées à bien pour les sols forestiers, il n'existe aucune donnée semblable au Canada sur la dissipation du glyphosate dans les sols agricoles. Le demandeur vient d'entreprendre les études requises.

Du fait des propriétés herbicides non sélectives du glyphosate, on se préoccupe des effets possibles du dépôt ou de la dérive du produit dans les aires de végétation non visées ou dans les habitats fauniques.

L'épandage aérien peut s'avérer pratique et permet d'éviter les pertes causées aux cultures par les traces de roues de l'équipement d'épandage. Par contre cette technique accroît la probabilité d'une dérive accidentelle. La possibilité d'une plus forte dérive accroît les risques d'effets indésirables sur la végétation et les habitats fauniques non visés.

## Étiquette : directives et précautions d'emploi

L'étiquette proposée pour l'emploi avant récolte du glyphosate comporte des déclarations sur : 1) la période d'épandage appropriée; 2) la façon d'éviter la contamination des plans d'eau; 3) le respect d'une zone tampon de 15 mètres autour des aires non visées; et 4) le moyen d'éviter la dérive ou l'arrosage dans les aires de végétation et les habitats fauniques qui ne sont pas visés. L'étiquette contient également une interdiction portant sur l'épandage aérien.

## Aspects touchant la réglementation

Agriculture Canada a déjà accordé une homologation temporaire pour l'épandage au sol du glyphosate avant la récolte des cultures de lin. Trois options de réglementation pourraient s'appliquer à l'emploi avant récolte du glyphosate : 1) octroyer l'homologation; 2) octroyer une homologation temporaire; ou 3) refuser l'homologation. Il est possible de prendre des décisions différentes selon les usages proposés.

Lorsqu'il prendra la décision finale à l'égard de l'épandage au sol du glyphosate, le Ministère tiendra compte des commentaires reçus en réponse au présent document et de l'engagement du demandeur à fournir des données supplémentaires. On n'envisage pas présentement d'homologuer l'épandage aérien du glyphosate en prérécolte.

## TABLE DES MATIÈRES


| | | PAGE |
|---|---|---|
| 1. | Introduction | 1 |
| 2. | Nom et propriétés du pesticide | 3 |
| | 2.1 Nom du pesticide | 3 |
| | 2.2 Propriétés physiques et chimiques | 3 |
| 3. | Historique : mise au point et usages | 3 |
| 4. | Aspects touchant la réglementation | 6 |
| | 4.1 Résumé des évaluations | 7 |
| | 4.2 Processus de gestion de la réglementation | 14 |
| | 4.3 Options en matière de réglementation | 15 |
| 5. | Propriétés biologiques | 17 |
| 6. | Avantages au plan agronomique | 17 |
| | 6.1 Utilisation et directives d'emploi | 17 |
| | 6.2 Moment de l'application | 18 |
| | 6.3 Lutte contre les mauvaises herbes vivaces | 19 |
| | 6.4 Aide à la récolte (dessiccation) | 25 |
| 7. | Avantages au plan économique (Direction générale des politiques d'Agriculture Canada) | 33 |
| | 7.1 Source principale de retombées positives | 33 |
| | 7.2 Autres sources de retombées positives | 37 |
| | 7.3 Autres point à considérer | 37 |
| | 7.4 Conclusions | 38 |
| 8. | Questions relatives à la commercialisation du blé, de l'orge, du colza canola, des lentilles, du soja et des pois (Commission canadienne des grains) | 38 |
| | 8.1 Résumé | 38 |
| | 8.2 Problèmes éventuels de commercialisation associés à l'usage des pesticides | 42 |
| | 8.3 Résidus de glyphosate et d'AMPA (grains récoltés) | 43 |
| | 8.4 Effets de la transformation sur la rétention des résidus | 45 |
| | 8.5 Niveau de résidus prévu dans les cargaisons commerciales | 45 |
| | 8.6 Seuils de tolérance internationaux | 48 |
| | 8.7 Évaluation des problèmes éventuels de commercialisation | 48 |

## TABLE DES MATIÈRES


| | | PAGE |
|---|---|---|
| 9. | Toxicité, exposition professionnelle et résidus dans les aliments (Santé et Bien-être social Canada) | 51 |
| | 9.1 Identification | 51 |
| | 9.2 Information générale | 51 |
| | 9.3 Évaluation | 52 |
| | 9.4 Exposition par voie alimentaire | 76 |
| | 9.5 Exposition professionnelle et évaluation du risque | 82 |
| 10. | Aspects environnementaux (Environnement Canada) | 85 |
| | 10.1 Résumé | 85 |
| | 10.2 Chimie et devenir dans l'environnement | 86 |
| | 10.3 Toxicologie environnementale | 91 |
| 11. | Effets sur le poisson, son habitat et les ressources halieutiques (Pêches et Océans Canada) | 96 |
| | 11.1 Effets sur le poisson | 96 |
| | 11.2 Effets sur l'habitat du poisson | 99 |
| | 11.3 Migration et transformation dans les milieux aquatiques | 101 |
| | 11.4 Méthodes de détection | 103 |
| | 11.5 Évaluation des répercussions | 103 |
| | 11.6 Résumé | 105 |

## 1. INTRODUCTION

L'objet du présent document est de résumer les données examinées et d'exposer les considérations et les options réglementaires concernant l'homologation de l'emploi avant récolte du glyphosate sur le blé, l'orge, le soja, les pois, les lentilles, le colza canola, les cultures fourragères (p. ex. la luzerne) et le lin.

En ce moment, l'épandage aérien du glyphosate en prérécolte n'est pas envisagé. Toutefois, sachant que les parties intéressées (comme les associations de producteurs agricoles et les applicateurs aériens) soulèveront la question de ce mode d'épandage, Agriculture Canada a entrepris un premier examen de la question.

Vos commentaires sur le contenu du présent document sont les bienvenus. Vous n'avez qu'à les faire parvenir par écrit au responsable des pesticides de votre province dans les 60 jours suivant la date de publication de ce document.

## ADRESSE DES RESPONSABLES PROVINCIAUX DES PESTICIDES

### TERRE-NEUVE

Gary Greenslade
Cormack Bldg.
2 Steer's Cove
Box 5609
St. John's, Newfoundland
A1C 5W8
TEL: (709) 772-5030
FAX: (709) 772-5100

### ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

Alan Hamilton
97 Queen Street
Suite 302
Charlottetown, P.E.I.
C1A 4A9
TEL: (902) 566-7297
FAX: (902) 566-7334

### NOUVELLE-ÉCOSSE

Diane Walmsley
Agriculture Canada
Food Production & Insp. Br.
Kentville Research Center
Kentville, Nova Scotia
B4N 1J5
TEL: (902) 679-5300
FAX: (902) 679-5565

### NOUVEAU-BRUNSWICK

Steven Stehouwer
AgCan Research Station
850 Lincoln Road
Fredericton, N.B.
E3B 5G4
TEL: (506) 452-4964
FAX: (506) 452-3923

## ADRESSE DES RESPONSABLES PROVINCIAUX DES PESTICIDES (suite)

### QUÉBEC

André Caron
Agriculture Canada
Dir. gén. de la production et
de l'inspection des aliments
Complexe Guy Favreau
200, boul. René-Lévesque Ouest
Tour est - Suite 1002 -I
Montréal (Québec)
H2Z 1Y3
TEL : (514) 285-8888
TÉLÉC. : (514) 283-1919

### MANITOBA

Shannon Van Walleghem
Agriculture Canada
Food Production & Insp. Br.
624 - 269 Main Street
Winnipeg, Manitoba
R3C 1B2
TEL: (204) 983-8662
FAX: (204) 983-8022

### ALBERTA

Jerry Shaw
Agriculture Canada
Food Production & Insp. Br.
9700 Jasper Avenue
Suite 815
Edmonton, Alberta
T5S 4G4
TEL: (403) 495-5398
FAX: (403) 495-2156

### ONTARIO

Ross Pettigrew
Agriculture Canada
Food Production & Insp. Br.
174 Stone Road West
Guelph, Ontario
N1G 4S9
TEL: (519) 837-9400
FAX: (519) 837-9773

### SASKATCHEWAN

Bill Maksymetz
Agriculture Canada
Food Production & Insp. Br.
Agricultural Insp. Dir.
210 - 1955 Broad Street
Regina, Saskatchewan
S4P 4E3
TEL: (306) 780-7123
FAX: (306) 780-5177

### COLUMBIE-BRITANNIQUE

Michelle Edwards
Agriculture Canada
Food Production & Insp. Br.
Room 202
620 Royal Avenue
P.O. Box 2523
New Westminster, B.C.
V3L 5A8
TEL: (604) 666-0593
FAX: (604) 666-6130

## 2. NOM ET PROPRIÉTÉS DU PESTICIDE

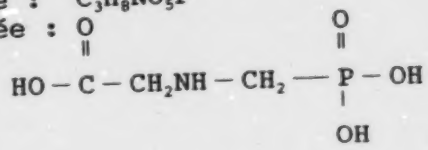
### 2.1 Nom du pesticide

| | |
|---|---|
| Appellation courante : | glyphosate |
| Nom chimique : | N-(phosphonométhyl)glycine |
| Appellation commerciale : | Roundup[MD] (glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine |
| N° de registre CAS : | 38641-94-0 |

### 2.2 Propriétés physiques et chimiques

Formule empirique : $C_3H_8NO_5P$

Formule développée :



| | |
|---|---|
| Masse moléculaire : | 169,1 |
| Aspect physique : | solide |
| Couleur : | blanc |
| Odeur : | inodore |
| Point de fusion : | 200 °C (avec décomposition) |
| Point d'ébullition : | indéterminé |
| Pression de vapeur : | $<10^{-8}$ mm de Hg à 25 °C |
| Coefficient de partage octanol/eau ($K_{oe}$) : | 0,0006 - 0,0017 |
| Solubilité : | eau - 1,57 % à 25 °C<br>solvants organiques - insoluble |
| Masse volumique en vrac : | 1,74 |
| Stabilité au stockage : | Aucun changement noté après une année de stockage |

## 3. HISTORIQUE : MISE AU POINT ET USAGES

Mise au point et fabriqué par Monsanto, le glyphosate est un herbicide non sélectif de postlevée qu'on applique sur le feuillage. Il est homologué dans plusieurs pays et il est l'un des herbicides les plus utilisés à travers le monde.

Au Canada, le glyphosate a été homologué pour la première fois en 1976 sous l'appellation commerciale Roundup[MD], une formulation sous forme de sel d'isopropylamine. Ce produit est utilisé en présemis et en postrécolte pour la lutte contre les mauvaises herbes annuelles et vivaces dans les systèmes de culture continue, à jachère ou de

travail réduit du sol. On l'utilise aussi en traitement dirigé dans les vergers, les vignes et les brise-vent, ainsi que pour détruire les arbres et les broussailles dans les emprises p. ex. Vision[MD], une formulation semblable au Roundup[MD], est homologué pour détruire les espèces ligneuses et herbacées indésirables lors de la préparation des terrains à repeupler et du dégagement des plantations de conifères (dans les terres boisées, forêts et pépinières forestières). Rustler[MD], une préparation prémélangée de glyphosate et de 2,4-D tous deux sous forme de sel d'isopropylamine est homologué comme solution de remplacement au travail du sol pour détruire les mauvaises herbes dans les jachères. Plusieurs produits contenant une quantité moindre de glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine sont homologués pour usage domestique.

Depuis le début des années 1980, l'emploi avant récolte du glyphosate est homologué au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, en Belgique, en France, en Allemagne, en Norvège, au Danemark, au Luxembourg, en Tchécoslovaquie, en Pologne, en Nouvelle-Zélande et en Australie (voir tableau 1). Parmi les cultures pour lesquelles le traitement avant récolte du glyphosate est homologué, on retrouve les céréales, les légumineuses à grain, le colza canola et les espèces fourragères. Les États-Unis essaient présentement d'homologuer cet usage et d'adopter de nouvelles tolérances. Au plan international, les limites maximales de résidus ont été approuvées par la Commission du Codex Alimentarius (voir tableau 2).

## TABLEAU 1

## SITUATION RÉGLEMENTAIRE DE L'EMPLOI AVANT RÉCOLTE DU GLYPHOSATE DANS D'AUTRES PAYS

| Pays | Date de la première homologation | Blé | Orge | Avoine | Seigle | Pois | Haricots | Colza Canola | Foin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Royaume-Uni* | février 1980 | X | X | X | - | X | X | X | X |
| Pays-Bas | septembre 1983 | X | X | X | X | X | X | - | X |
| Belgique | mars 1983 | X | X | X | X | X | X | - | X |
| France | mars 1982 | X | X | - | X | - | - | - | - |
| Allemagne de l'Ouest | mars 1981 | X | X | X | X | - | - | - | X |
| Tchécoslovaquie** | juin 1983 | X | X | X | - | - | - | - | - |
| Pologne | - | X | X | X | X | - | - | - | - |
| Danemark | juin 1982 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Norvège | avril 1984 | - | X | - | - | - | - | - | - |
| Luxembourg | juillet 1983 | X | X | - | - | - | - | - | - |
| Nouvelle-Zélande | - | X | X | X | - | X | - | - | - |
| Australie | - | Sorgho | | | | | | | |

* Au Royaume-Uni, le traitement de prérécolte au glyphosate est aussi homologué pour usage sur la triticale et les graines de lin.

* En Tchécoslovaquie, il est aussi homologué pour traiter le maïs.

**TABLEAU 2**

**LIMITES MAXIMALES DE RÉSIDUS POUR LE GLYPHOSATE AU PLAN INTERNATIONAL (adoptées par la Commission du Codex Alimentarius)**

| Culture | LMR du Codex |
|---|---|
| Blé | 5 ppm |
| Orge | 20 ppm |
| Colza canola | 10 ppm |
| Lin | --- |
| Pois (sèches) | 5 ppm |
| Lentilles | --- |
| Soja (sec) | 5 ppm |
| Foin ou fourrage (sec) de graminées | 50 ppm |
| Pailles ou fourrage (sec) de céréales | 100 ppm |
| Son de blé, non transformé | 40 ppm* |
| Farine de blé | 0.5 ppm* |
| Farine de blé entier | 5.0 ppm* |

* limites proposées

Des études canadiennes sur l'efficacité et les résidus associés à l'usage avant récolte du glyphosate ont été conduites sur un éventail de cultures. En novembre 1987, Monsanto Canada a fourni ces données préliminaires et demandé à Santé et Bien-être social Canada qu'il fixe des limites maximales de résidus en vertu de la *Loi sur les aliments et drogues*. En décembre 1988, conformément à la *Loi sur les produits antiparasitaires*, Monsanto présenta à Agriculture Canada une demande d'homologation pour l'emploi avant récolte du glyphosate.

## 4. ASPECTS TOUCHANT LA RÉGLEMENTATION

De concert avec les conseillers de Santé et Bien-être social, d'Environnement Canada, de la Commission

canadienne des grains et de Pêches et Océans, Agriculture Canada a parachevé l'examen des données fournies par le demandeur à l'appui de sa demande d'homologation de l'usage avant récolte du glyphosate.

## 4.1 Résumé des évaluations

### a) Avantages au plan agronomique

L'emploi du glyphosate en prérécolte offre une option supplémentaire intéressante en ce qui a trait au moment des applications pour lutter contre les mauvaise herbes vivaces comme le chiendent, le chardon des champs et le laiteron des champs. Ces mauvaises herbes sont difficiles à maîtriser et le rendement des cultures s'en trouve affecté d'une façon significative; les produits de lutte qui sont présentement homologués à cette fin ne conviennent pas à tous les endroits ou circonstances d'usage (voir plus loin la section 6.3 sur la maîtrise des adventices vivaces). L'emploi avant récolte du glyphosate contre le chiendent et le chardon des champs pourrait réduire le travail du sol dans les endroits où les jachères chimiques (c.-à-d. le recours à un traitement herbicide au lieu de travailler les champs laissés en jachère) ne sont pas pratiquées ou désirables. Ainsi l'épandage avant récolte du glyphosate serait un atout dans les efforts entrepris dans ces endroits pour la conservation des sols.

L'emploi avant récolte du glyphosate pourrait aussi servir comme aide à la récolte (dessiccant) en écourtant la période requise pour l'assèchement de la culture et des mauvaises herbes. Toutefois, il est important de souligner que l'application de glyphosate avant la récolte ne réduit aucunement le temps nécessaire pour que la culture atteigne sa maturité physiologique. L'assèchement plus rapide de la culture permettrait de récolter plus hâtivement ou plus facilement tout en offrant une solution de remplacement à l'andainage. Une récolte précoce réduit les risques de perte ou de déclassage dus aux dommages causés par le mauvais temps ou des conditions peu favorables à la récolte. Il est souvent plus difficile de fournir des données sur les bienfaits de l'application d'un dessiccant que sur l'efficacité d'un herbicide. Le demandeur n'a pu démontrer de façon

concluante que l'usage avant récolte du glyphosate constituait effectivement une aide à la récolte, comme il est décrit sur l'étiquette proposée. La dessiccation des récoltes s'avère spécialement utile pour les cultures à croissance indéfinie comme les lentilles, le colza canola, les pois, le lin et certaines variétés de soja.

Les producteurs agricoles ont manifesté un grand intérêt aux avantages du double emploi de l'usage avant récolte du glyphosate, c'est-à-dire comme aide-récolte et comme désherbant des adventices vivaces. Cet intérêt a été démontré par le biais de résolutions adoptées par des groupements comme la Fédération canadienne de l'agriculture, l'*Alberta Canola Growers Association* (maintenant appelée l'*Alberta Canola Producers Commission*), l'*Alberta Conservation Tillage Society* et la *Western Barley Growers Association*. Toutes ont demandé que soit homologué l'emploi avant récolte du glyphosate.

b) Avantages au plan économique

Le demandeur a fourni une étude d'expert-conseil qui conclut que les principales retombées économiques de l'usage du glyphosate avant la récolte résulteraient du rendement accru des cultures de l'Ouest canadien grâce à la destruction du chiendent et du chardon des champs dans cette région. Les gains annuels nets reliés à l'usage avant récolte du glyphosate à des fins de désherbage se situeraient dans une fourchette de 31,6 à 35,8 millions de dollars. Cette estimation est basée sur plusieurs données (comme la moyenne des prix des cultures pour les cinq dernières années) et sur certaines suppositions (p. ex. l'amélioration de la maîtrise des plantes vivaces n'est que sur des superficies où les méthodes courantes ne sont pas praticables). Les retombées résultant du facteur aide-récolte n'ont pas été étudiées.

c) Considérations relatives à la santé

La base de données toxicologiques, jugée complète, a été évaluée par Santé et Bien-être Social Canada. La dose journalière admissible (DJA) à été majorée à 0,75 mg/kg de poids corporel/jour. Cet ajustement a fait suite à la

présentation d'une nouvelle étude sur les effets à long terme pour le rat. Santé et Bien-être social est arrivé à la conclusion que rien n'indique dans les études soumises que le glyphosate aurait des effets mutagènes, tératogènes ou qu'il provoquerait des tumeurs; la toxicité aiguë du glyphosate est très faible.

Le potentiel d'exposition des travailleurs relié au nouvel emploi proposé (c.-à-d. l'application avant récolte du glyphosate à l'aide de matériel d'épandage au sol) ne sera probablement pas supérieur à maintenant étant donné que le nouvel emploi comporte seulement une différence dans le moment de l'application et que les doses d'application sont égales ou inférieures aux doses qui figurent déjà sur les étiquettes.

d) Résidus

Le traitement de prérécolte entraîne une évaluation des résidus potentiels dans les récoltes et dans les produits de transformation qui en découlent. Les données soumises par le demandeur sur les résidus ont été examinées par Santé et Bien-être social Canada. Les limites maximales de résidus (LMR) proposées sont décrites à la partie 9 de ce document. Ces limites ont été proposées pour inclusion dans le *Règlement sur les aliments et drogues* en vue de tenir compte de la présence possible de résidus de glyphosate dans les récoltes et dans les produits agricoles suivants : le blé, l'orge, les produits de mouture du blé et de l'orge, le soja, l'huile de soja, les pois, les lentilles, le colza (canola), l'huile de colza (canola) et le lin. Le fait de nourrir le bétail avec des grains de céréales et d'oléagineux traités ou avec leurs dérivés (produits de la mouture ou farine) n'entraînera vraisemblablement pas la présence importante de résidus dans la viande et le gras non plus que dans le lait. Un niveau de résidus conforme aux LMR suggérées ne devrait pas poser un risque pour la santé des consommateurs.

Les données sur les résidus qui étayaient la demande d'homologation pour les cultures fourragères, d'haricot et de moutarde ont été jugées insuffisantes. Par conséquent, l'homologation de l'emploi avant la récolte de

ces cultures n'est pas présentement envisagée. Aucune donnée n'a été soumise afin d'appuyer les usages multiples dans une même campagne agricole (c.-à-d. en présemis, en prérécolte, etc.).

Les limites maximales de résidus proposées seront publiées prochainement dans la partie I de la Gazette du Canada. Tout commentaire à propos des LMR proposées et leurs effets possibles sur les produits de mouture ou de transformation tirés de cultures traitées peut être adressé à Santé et Bien-être Canada, ceci grâce aux dispositions prévues dans la partie I de la Gazette du Canada sur les avis du public en ce qui a trait aux changements en matière de réglementation.

Les rapports fournis par Santé et Bien-être social et la Commission canadienne des grains indiquent que les résidus de glyphosate ne sont pas détruits par les opérations de meunerie, mais plutôt redistribués dans les produits de mouture. Les résidus demeurent en grande partie dans le son, et à des taux plus faibles, dans la farine. De plus, dans la mesure où les grains traités se mêlent à une plus grande quantité des grains non traités une fois rendus dans les circuits commerciaux, le niveau de résidus dans la farine commerciale sera vraisemblablement plus bas que si la farine provenait uniquement de grains traités. Les données sur la transformation de l'orge traité au glyphosate indiquent que même si l'application se fait au moment et aux doses recommandées, la possibilité de trouver des résidus dans la bière existe toujours. Cependant, le mélange des grains traités et non traités dans les stocks commerciaux laisse supposer que les résidus dans la bière seraient à toutes fins pratiques indécelables.

e) <u>Questions relatives à la commercialisation</u>

La présence de résidus, même s'ils ne dépassent pas les limites fixées au plan international par la Commission du Codex Alimentarius, pourrait avoir des répercussions sur les marchés d'exportation du Canada, principalement avec des partenaires commerciaux importants comme les États-Unis et le Japon. La Commission canadienne des grains (CCG) a évalué les emplois proposés sur la base de tous les

risques qui pourraient se présenter pour l'exportation des grains, des oléagineux et des légumineuses à grain.

La Commission canadienne des grains ne s'oppose pas à l'épandage avant récolte du glyphosate par voie terrestre sur les cultures de blé, d'orge, de colza canola, de lentilles, de soja et de pois, pourvu que les directives de l'étiquette proposée soient suivies. Toutefois, étant donné les incertitudes relatives au niveau de résidus et à leur fréquence d'apparition dans les cargaisons commerciales et l'incertitude quant à l'acceptation par l'acheteur du niveau de ces résidus, la Commission recommande qu'une homologation temporaire soit accordée à l'emploi du glyphosate en prérécolte. La Commission s'oppose à l'application aérienne du glyphosate sur le blé, l'orge et le colza canola. En ce qui concerne l'épandage aérien sur les lentilles, le soja et les pois, la Commission préfère attendre que les effets de l'épandage au sol du glyphosate soient étudiés avant d'envisager l'homologation de ce mode d'application.

L'évaluation de la Commission canadienne des grains est fondée sur les prévisions du taux de mélange des grains traités et non traités dans les stocks commerciaux. Aussi, elle assume que l'usage avant récolte du glyphosate se fera conformément aux directives figurant sur l'étiquette et que les estimations relatives aux débouchés commerciaux fournies par le demandeur sont raisonnablement justes. S'il s'avérait que ces allégations ne tiennent pas, que l'usage du glyphosate se fasse à une plus grande échelle que prévu, que l'épandage se fasse à une teneur en eau inadéquate du grain ou encore que des applications aériennes illégales se produisent, leurs prévisions pourraient être réévaluées.

f) Aspects environnementaux

Compte tenu de l'augmentation potentielle de l'usage du glyphosate une fois le nouvel emploi en vigueur, Environnement Canada et Pêches et Océans ont évalué à nouveau les répercussions environnementales. Malgré la grande solubilité dans l'eau du glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine, il est fortement adsorbé aux

particules de sol, donc peu enclin à se déplacer dans l'environnement. Des études en laboratoire effectuées à 25 °C indiquent que le glyphosate se transforme rapidement dans des conditions aérobies (sol et milieu aquatique) mais qu'il persiste dans des conditions anaérobies. Des études sur le terrain menées aux États-Unis montrent que le glyphosate se dissipe rapidement dans les régions au climat chaud mais d'une façon beaucoup plus lente dans les régions au climat frais. De plus, le lessivage dans le sol semble minime. Des études canadiennes ont été effectuées sur la dissipation du glyphosate dans le sol en milieu forestier mais aucune n'a été menée en milieu agricole. Le demandeur a donc décidé d'entreprendre ces études.

On ne s'attend pas à ce que le glyphosate constitue un risque aigu ou chronique pour les oiseaux, les mammifères, les micro-organismes du sol, les vers de terre, les abeilles ou les *Daphnia magna*. Compte tenu que le glyphosate est un herbicide non sélectif, on s'inquiète des répercussions possibles pour les plantes terrestres et aquatiques non visées advenant une dérive du nuage de pulvérisation, qu'il provienne d'un épandage terrestre ou aérien. Le Service canadien de la faune croit que, vu la grande superficie qui serait touchée par le nouvel usage, des études supplémentaires sur les effets de faibles doses de glyphosate s'imposent afin de mieux évaluer les répercussions de la dérive et de l'application hors cible de cet herbicide sur les habitats fauniques situés à proximité des aires traitées.

L'épandage aérien du glyphosate serait pratique et éviterait des pertes de rendement dues aux dommages causés par les roues de tracteur (le recours à de la machinerie agricole spécialisée ou à des voies de passage peut réduire ce type de dommages. Cependant, la possibilité d'une dérive plus importante augmente le risque éventuel de répercussions sur les habitats fauniques et les plantes non visées comme les cultures tardives, les plantations brise-vent et d'ornement.

On ne connaît pas dans quelle mesure le glyphosate sera, en pratique, appliqué par voie terrestre et on s'attend que cela variera d'une

culture à l'autre. Pour ce qui est des pois, du lin et peut-être même du colza canola, les avantages de l'emploi du glyphosate pourraient l'emporter sur les dommages que le matériel d'application terrestre causerait aux cultures arrivées à maturité. La mesure dans laquelle la superficie traitée serait réduite par l'interdiction de l'épandage aérien du glyphosate aurait un effet sur les gains économiques prévus et sur les risques potentiels associés à l'usage avant récolte du glyphosate.

Le glyphosate, matière active du Roundup$^{MD}$, ne présente pas une toxicité chronique ou aiguë chez les poissons et les invertébrés aquatiques. Cependant, Pêches et Océans se préoccupe de la toxicité pour la faune aquatique de l'une des composantes du Roundup$^{MD}$, un agent tensioactif. Ce ministère se préoccupe aussi de l'exposition au glyphosate de la végétation riveraine et des plantes aquatiques émergentes. Toutefois, les répercussions sur les poissons et leur habitat ne devraient pas être significatives si on se limite à des traitements au sol et que l'on observe une zone tampon de 15 m autour des étendues d'eau. L'épandage en prérécolte du Roundup$^{MD}$ par voie aérienne pourrait avoir un effet significatif sur les poissons et leur habitat parce qu'il existe un plus grand risque que celui-ci se dépose dans les habitats vulnérables.

g) <u>Étiquette : directives et mode d'emploi</u>

L'énoncé suivant figure à l'étiquette proposée afin d'atténuer les risques pour les poissons et l'environnement :

> *La pulvérisation directe ou indirecte (dérive) des habitats fauniques importants, comme les étendues d'eau, les brise-vent, les boisés, les talus de fossés et les autres couverts végétaux au périmètre des champs, doit être évitée.*
>
> *Ne pas contaminer les étendues d'eau ou les plantes non visées par un arrosage direct ou indirect*

*(dérive) ou par un nettoyage ou un rinçage du matériel de pulvérisation.*

(*Traduction de la Direction de Pesticides*)

L'étiquette proposée contient aussi la mention suivante :

«NE PAS APPLIQUER PAR VOIE AÉRIENNE»

4.2 Processus de gestion en matière de réglementation

Agriculture Canada utilise un processus de gestion en matière de réglementation des pesticides pour prendre des décisions réglementaires complexes ou de grande portée. Cette approche tient compte à la fois de l'aspect scientifique et de l'acceptabilité des décisions pour le public concernant les risques et la valeur de l'usage des pesticides. La valeur est déterminée par l'évaluation des facteurs suivants :

1) l'efficacité du produit;

2) la qualité de conserver les ressources (p. ex. le produit est-il meilleur pour l'environnement que les façons culturales et les produits actuels?); et

3) les retombées économiques.

Le glyphosate, appliqué en prérécolte, pourrait servir de désherbant et d'aide-récolte. L'efficacité du produit et les avantages économiques de ces deux applications peuvent être mesurés et évalués scientifiquement par des experts. Toutefois, compte tenu que les décisions doivent être acceptables au public, il est tout naturel de tenir compte des commentaires des usagers qui jugeront, en dernier lieu, de l'efficacité du produit comme désherbant et aide-récolte. Ce même principe s'applique à la qualité de l'emploi avant récolte du glyphosate à conserver les ressources, c'est-à-dire à réduire l'érosion des sols.

Parmi les risques potentiels reliés à l'épandage avant récolte du glyphosate, on compte :

1) la présence de résidus dans les aliments de base (céréales);

2) l'effet sur l'environnement d'une telle augmentation de l'emploi du glyphosate;

3) les répercussions possibles sur les marchés d'exportation de la présence de résidus dans les produits alimentaires.

Les risques éventuels peuvent aussi être mesurés et évalués scientifiquement par les experts. Mais, comme c'est le cas pour la valeur, on se doit de solliciter les commentaires d'autres parties, y compris le public, les usagers et le secteur alimentaire. Compte tenu de la situation décrite précédemment et des procédés décisionnels en matière de réglementation, le ministère de l'Agriculture, par l'entremise du présent document, entreprend une consultation publique avant d'homologuer l'emploi avant récolte du glyphosate sur la plupart des cultures qui ont fait l'objet d'une demande par Monsanto Canada Inc.

On a accordé une homologation temporaire au traitement de prérécolte du glyphosate par voie terrestre sur le lin, ceci en attendant des données supplémentaire sur son efficacité en tant qu'aide-récolte et à l'égard du laiteron des champs. Le lin est cultivé sur une superficie relativement petite. Au Canada, le lin sert en grande partie à la production de produits industriels non alimentaires, comme l'huile de lin et le linoléum. C'est pourquoi l'usage avant récolte du glyphosate sur le lin ne suscite pas autant de préoccupations que son application sur les autres cultures à l'examen. Les rapports des ministères-conseils ne soulèvent aucune inquiétude quant à l'homologation temporaire de l'épandage avant récolte du glyphosate par voie terrestre sur le lin.

Lorsqu'il prendra la décision finale à l'égard de l'épandage au sol du glyphosate, le Ministère tiendra compte des commentaires reçus en réponse au présent document et de l'engagement du demandeur à fournir des données supplémentaires. On n'envisage pas présentement d'homologuer l'épandage aérien du glyphosate en prérécolte.

## 4.3 Options en matière de réglementation

### a) Options d'ordre général

La loi et le règlement sur les produits antiparasitaires prévoient trois options générales, soit :

1) L'homologation du produit conformément à l'article 13 du règlement;

2) Une homologation temporaire pour une période de temps déterminée, conditionnelle à l'obtention de données supplémentaires, conformément à l'article 17 du règlement;

3) Ne pas homologuer le produit, conformément à l'article 18 du règlement.

b) L'épandage avant récolte du glyphosate : préoccupations et besoin de données supplémentaires.

L'examen des données fournies à l'appui de l'usage avant récolte du glyphosate a soulevé des inquiétudes et a permis d'identifier le besoin de renseignements supplémentaires. Plusieurs de ces questions ont déjà trouvé réponse. Par exemple, le demandeur a entrepris des études sur la dissipation du glyphosate dans les sols agricoles canadiens afin de répondre à la question de la persistance du glyphosate au Canada. En ajoutant à l'étiquette une zone tampon de 15 mètre autour des eaux poissonneuses, on a atténué les craintes exprimées par Pêches et Océans sur la toxicité du Roundup[MD] pour les poissons. Aussi, un nouvel énoncé sur l'étiquette avertira les usagers de ne pas épandre le glyphosate sur des cultures de semence. Les diverses préoccupations qui n'ont pas été adressées dans le présent document le seront par l'intermédiaire des réponses et commentaires suscités par sa publication.

c) Homologation spécifique

Le nouvel emploi proposé du glyphosate trouve des applications sur un éventail de cultures; il sert d'aide-récolte et de désherbant pour trois mauvaises herbes. Certaines considérations, comme le besoin de données sur la persistance dans les sols agricoles canadiens, s'appliquent à toutes les cultures de façon plus ou moins égale; d'autres, tel l'effet de la présence des résidus sur le commerce extérieur ou l'efficacité du produit en tant qu'aide-récolte, peuvent varier d'une culture à l'autre. En théorie, il est possible de prendre des décisions différentes selon le cas. Ainsi, pour chacune de ces combinaisons possibles de culture, de mauvaise herbe (chiendent, laiteron et chardon des champs) et

d'aide-récolte, on pourrait décider d'accorder une homologation séparée ou une homologation temporaire ou encore de refuser l'homologation.

## 5. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

Le glyphosate, un herbicide à large spectre d'efficacité, est absorbé par le feuillage puis disséminé dans l'ensemble de la plante. Il est peu sélectif, des doses plus élevées étant nécessaires pour détruire certaines espèces. Le glyphosate est fortement lié au sol et, par conséquent, n'est pas absorbé par les racines des plantes.

Le mode d'action principal du glyphosate consiste à l'inhibition de la biosynthèse des acides aminées aromatiques, ceci en inhibant l'enzyme de synthèse EPSP (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate) de l'acide shikimique. Cet enzyme et chaîne métabolique ne se retrouvent pas chez les mammifères.

Chez les espèces annuelles, les effets visibles apparaissent en général 2-4 jours après le traitement et 7-10 jours chez les espèces vivaces. Pour ce qui est des plantes ligneuses, les effets apparaissent après 1-2 semaines. Par contre, si le traitement a été effectué tard à l'automne, les effets pourraient n'apparaître que le printemps suivant.

## 6. AVANTAGES AU PLAN AGRONOMIQUE DE L'ÉPANDAGE DE ROUNDUP[MD] AVANT LA RÉCOLTE

### 6.1 Utilisation et directives d'emploi

L'utilisation proposée du glyphosate est la suivante : l'appliquer sur le blé, l'orge, le colza canola, les lentilles, les pois, le soja, le lin et les plantes fourragères dans le but de lutter contre le chiendent et, tout au long de la saison, contre le chardon et le laiteron des champs; l'appliquer également sur les cultures susmentionnées (à l'exception des plantes fourragères) pour aider à la récolte (par la dessiccation des cultures et des mauvaises herbes).

Le glyphosate devrait être appliqué avant la récolte, uniquement en pulvérisation au sol, à une concentration de 0,9 kg de matière active/hectare dans 50 à 100 L/ha d'eau claire. Le traitement ne devrait s'effectuer que lorsque la teneur en eau du grain est inférieure à 30 %. Ce stade survient habituellement de 7 à 14 jours avant la récolte. Un traitement précoce pourrait diminuer le rendement ou

la qualité de la culture. Pour combattre le chiendent plus efficacement, s'assurer qu'il soit en période de croissance active et ait au moins 4 à 5 feuilles vertes. Quant au chardon et au laiteron des champs, les meilleurs résultats seront obtenus en période de croissance active et pendant ou après le stade du bourgeonnement. Un traitement herbicide avant récolte doit être effectué à un stade de maturité précis de la mauvaise herbe et de la culture. L'étiquette proposée par le demandeur comporte un énoncé avertissant l'usager de ne pas épandre le glyphosate sur les cultures semencières.

6.2 Moment du traitement

Le choix du moment pour le traitement avant récolte est crucial pour lutter efficacement contre les mauvaises herbes et pour aider à la récolte. Les mauvaises herbes doivent être en pleine croissance au moment du traitement et un laps de temps suffisant doit s'écouler avant la récolte afin de permettre la dissémination du glyphosate dans les parties souterraines de la plante. L'étiquette proposée spécifie que le traitement doit s'effectuer de 7 à 14 jours avant la récolte et lorsque la teneur en eau du grain est inférieure à 30 %. Une teneur en eau plus élevée au moment du traitement pourrait accroître le taux de résidus de glyphosate dans la culture et en diminuer le rendement ou la qualité.

Monsanto a proposé les indicateurs visuels suivants pour déterminer une teneur en eau de 30 % :

| CULTURE | INDICATEUR VISUEL |
|---|---|
| blé et orge | stade pâteux dur - l'empreinte du pouce reste marquée |
| colza canola | les gousses varient entre le jaune et le vert et les graines entre le jaune et le brun |
| lin | de 75 à 80 % des gousses sont brunes |
| lentilles et pois | de 75 à 80 % des gousses sont brunes |
| soja | la couleur des tiges varie entre le vert et le brun et les gousses sont noires |

Des renseignements doivent être fournis dans le but de prouver la corrélation entre la teneur en eau des graines et ces indicateurs visuels (tel qu'ils seront interprétés par les cultivateurs). Il serait également très utile de savoir s'il existe un lien entre les moments d'épandage

proposés et le stade habituel d'andainage de chaque culture. Dans le cas des cultures au profil de croissance indéfinie, les indicateurs visuels pourraient être valables pendant une semaine ou plus. Un degré variable de maturité d'une culture dans un champs donné pourrait aggraver cette incertitude. La marge de sécurité de ces indicateurs visuels, en ce qui a trait aux dommages causés aux cultures ou au taux excessif de résidus de glyphosate, devrait donc être vérifiée.

6.3 Lutte contre les mauvaises herbes vivaces

a) Importance des mauvaises herbes vivaces

Les mauvaises herbes vivaces, tout particulièrement le chiendent et le chardon des champs, infestent des millions d'acres de terres agricoles au Canada et causent un tort important aux cultures, tant au niveau du rendement que de la qualité. La prédominance de mauvaises herbes vivaces comme le chiendent et le chardon des champs est supérieure dans des conditions où le travail du sol est réduit, où l'on pratique la culture continue et où le climat est relativement humide tout au long de l'année.

La fréquence d'apparition du chardon des champs est plus importante dans les provinces de l'Est qu'elle ne l'est dans les régions à l'ouest du centre de la Saskatchewan. Quoique l'on trouve le chardon des champs dans les régions plus sèches du sud des Prairies, les infestations dans les provinces des Prairies sont habituellement concentrées dans la région forêt-parc. La culture continue, méthode courante dans cette région, rend la maîtrise des mauvaises herbes vivaces plus difficile que dans les régions où les terres en jachère ne sont pas irriguées. Les sondages auxquels réfère l'étude des avantages économiques soumise par le demandeur évaluent à 2,7 millions d'acres les terres agricoles qui seront infestées par le chardon des champs dans les trois provinces des Prairies. Cependant, dans bien des cas, on peut combattre le chardon grâce au travail des champs et aux herbicides présentement sur le marché.

Les densités maximales et les infestations les plus importantes de chiendent dans les provinces des Prairies se trouvent dans les zones au sol noir et gris foncé situées dans

les régions agricoles du nord ainsi qu'au sud du Manitoba. Le sondage du *National Quackgrass Action Committee* (NQAC) mené en 1989 auprès des groupements agricoles, des travailleurs en recherche et en vulgarisation, et du personnel de l'industrie agrochimique a révélé que 42,7 % des champs de l'Ouest canadien sont infestés par le chiendent et l'infestation couvre en moyenne 17,3 % de la surface de ces champs. La prédominance et la densité du chiendent est encore plus importante dans les régions de l'Atlantique et du centre du Canada où le même sondage a révélé que, respectivement, 51,8 % et 57,6 % des champs sont infestés et qu'en moyenne, l'infestation couvre 30 % de la surface des champs. [Selon l'analyse des avantages économiques menée par le demandeur de l'homologation, ce sondage surestime l'aire totale infestée par le chiendent. Cependant, cette critique ne fait pas référence à l'évaluation du pourcentage des champs et de la surface moyenne des champs infestés.]

La compétition exercée par les mauvaises herbes occasionne souvent une baisse importante du rendement de la culture. L'importance de cette perte de rendement varie selon de nombreux facteurs, y compris la concurrence relative entre la culture et les mauvaises herbes, la densité des mauvaises herbes, les conditions environmentales et les modalités d'exploitation de la culture. Dans le cas des mauvaises herbes vivaces comme le chiendent, la viabilité et la vigueur des rhizomes souterrains sont d'autres facteurs qui déterminent leur capacité de rivaliser. Le sondage du NQAC a révélé que, dans l'ensemble du Canada, le chiendent a causé une perte moyenne variant entre 21,8 % pour les légumineuses à grain et 13,7 % pour la pomme de terre. Le blé aurait accusé une perte moyenne de 16,1 %; l'orge, 15,8 %; le colza canola, 16,7 %; le lin, 21,0 %; le soja, 20,8 %; et la luzerne, 20,1 %.

Les systèmes de travail zéro et minimum du sol sont de précieuses méthodes de réduction de l'érosion du sol. Cependant, il a été démontré que ces façons culturales mènent à une prolifération accrue du chiendent. Par conséquent, la présence de chiendent peut limiter l'emploi de ces méthodes culturales de conservation du sol.

b) Disponibilité de méthodes de remplacement

On maîtrise habituellement les mauvaises herbes vivaces au moyen du travail répété du sol, des herbicides ou d'une combinaison des deux. La capacité de combattre le chiendent ainsi que le chardon et le laiteron des champs, au moyen des produits présentement sur le marché, dépend en grande partie des séquences culturales, du type de sol et de l'emplacement géographique. Le tableau 3 dresse la liste des produits présentement homologués pour combattre le chiendent, le chardon et le laiteron des champs chez diverses cultures. La lutte chimique est habituellement appuyée par un travail du sol au printemps ou à l'automne. L'ampleur des infestations et des pertes de rendement mentionnées ci-dessus, indique que malgré les méthodes de lutte à notre disposition, le chiendent demeure un problème de taille. Aucun herbicide sélectif ne combat à la fois le chiendent et le chardon des champs. Le travail du sol pour combattre les mauvaises herbes (surtout de façon répétée, comme c'est souvent l'usage dans les champs laissés en jachère) est cité comme l'une des principales causes de l'érosion du sol. L'homologation de l'emploi avant récolte du glyphosate pourrait atténuer la dépendance envers le travail du sol et par conséquent, contribuer aux efforts de conservation des sols dans les régions plus touchées.

**TABLEAU 3**

PRODUITS DE REMPLACEMENT

| PRODUIT | MAUVAISE HERBE | CULTURE |
|---|---|---|
| **Sur les terres en jachère** | | |
| glyphosate | chiendent<br>chardon des champs<br>laiteron des champs | sans objet |
| dicamba | chardon et laiteron des champs | sans objet |
| 2,4-D | chardon* et laiteron* des champs | |
| travail mécanique du sol | chiendent et chardon des champs | sans objet |
| clopyralide | chardon et laiteron* des champs | sans objet |
| **En présemis** | | |
| glyphosate | chiendent<br>chardon et laiteron des champs | toutes |
| **Sur la culture** | | |
| diquat | dessiccation | pois, lentilles, luzerne, colza canola, lin, soja, moutarde, légumineuses fourragères |
| clopyralide | chardon et laiteron* des champs | blé, orge, colza canola, lin, phléole des prés (culture semencière) |
| dicamba | chardon* et laiteron* des champs | blé, orge, fétuque rouge |
| 2,4-D | chardon* et laiteron* des champs | blé, orge, légumineuses fourragères, lin |

| PRODUIT | MAUVAISE HERBE | CULTURE |
|---|---|---|
| 2,4-D/2,4-DP | chardon* et laiteron* des champs | blé, orge |
| chlorsulfuron + 2,4-D | chardon des champs* | blé, orge |
| séthoxydime | chiendent | colza canola, pois, légumineuses fourragères, soja, Fétaque rouge, lentilles, lin |
| fluazifop-butyl fluazifop-P-butyl | chiendent | colza canola, lin, soja, fétuque rouge, légumineuses fourragères |
| glyphosate | chiendent chardon et laiteron des champs | toutes - traitement localisé ou de postlevée |
| **En postrécolte** | | |
| glyphosate | chiendent et chardon et laiteron des champs | sans objet |
| dicamba | chardon et laiteron des champs | sans objet |
| 2,4-D | chardon* et laiteron* des champs | sans objet |

* = suppression ou destruction des parties aériennes

Toutefois, l'épandage en prérécolte du glyphosate n'éliminerait pas totalement le besoin d'utiliser d'autres méthodes de lutte contre les mauvaises herbes vivaces. Par exemple, le chiendent et le chardon des champs auraient, pour la plupart, déjà eu le temps de grener ou de disperser leurs graines; il serait donc nécessaire de traiter les infestations subséquentes.

Le demandeur de l'homologation est d'avis que les régions qui bénéficieraient le plus de l'utilisation avant récolte du glyphosate se

trouvent au Manitoba et dans la région forêt-parc de l'Ouest canadien. La courte saison de croissance dans ces régions limite la possibilité d'un traitement herbicide de postrécolte ou de présemis. Un traitement herbicide ne peut être efficace que lorsque les plantes de chiendent ainsi que de chardon et de laiteron des champs sont en pleine croissance. Devoir attendre au printemps que les mauvaises herbes reprennent leur croissance active occasionne des délais peu souhaitables avant le semis; la croissance du chiendent au cours de cette période peut épuiser la teneur en eau du sol. Il arrive souvent, année après année, que la période entre la récolte et le gèle ne soit pas assez longue pour permettre aux adventices vivaces de repousser suffisamment pour y effectuer, en automne, un traitement herbicide.

Le traitement de glyphosate avant la récolte procurerait une flexibilité précieuse quant au moment d'épandage de l'herbicide et par conséquent représenterait une option efficace pour combattre les mauvaises herbes dans les régions où elles ne reçoivent présentement aucun traitement.

c) Efficacité de l'épandage avant récolte pour lutter contre les mauvaises herbes

Le glyphosate est reconnu pour combattre efficacement le chiendent. Le sommaire présenté par le demandeur de l'homologation, sur les essais effectués à chacun des trois moments d'épandage, démontre que les traitements de prérécolte au glyphosate combattent le chiendent aussi efficacement et même plus que les traitements de présemis et de postrécolte. Un niveau constant de maîtrise, mesuré selon le nombre d'essais ayant obtenu un «niveau commercial» de succès (80 % ou plus d'adventices maîtrisées), a été obtenu plus fréquemment en prérécolte qu'aux moments d'épandage pour lesquels le glyphosate est présentement homologué. Les résultats de 41 essais effectués sur une variété de cultures au cours d'une période de 6 ans démontrent qu'en moyenne 90 % du chiendent a été détruit un an après le traitement. On n'a relevé aucune trace de diminution d'efficacité due à l'interférence du couvert végétal chez l'une des cultures.

Roundup[MD] est présentement homologué pour lutter contre le chardon et le laiteron des champs à des moments d'épandage différents et à des doses supérieures pour le laiteron. Les résultats des essais sur le chardon des champs montrent dans la plupart des cas une lutte efficace durant toute la saison. La quantité limitée de données soumises sur le laiteron des champ indique que le traitement avant récolte a permis de combattre le laiteron efficacement pour toute la durée de la saison. Des essais supplémentaires seront nécessaires afin de déterminer l'efficacité du traitement sur le laiteron des champs.

Un petit nombre seulement de traitements ont été effectués par voie aérienne. Le demandeur devra soumettre des preuves additionnelles de pénétration du couvert végétal s'il désire faire une demande d'homologation pour cette méthode d'épandage.

## 6.4 L'aide à la récolte (par dessiccation de la culture)

### a) Importance de l'aide à la culture

Le texte suivant apparait sur l'étiquette proposée :

> *L'emploi en prérécolte pourrait servir comme aide à la récolte en écourtant la période requise pour l'assèchement de la culture et des mauvaises herbes et, par conséquent, pourrait aussi réduire le temps nécessaire pour la récolte et en faciliter l'opération en éliminant le besoin d'andainer et de sécher artificiellement. Une récolte précoce peut améliorer la qualité d'une culture et augmenter son rendement en réduisant les risques de perte et de déclassage dus aux dommages causés par le mauvais temps ou des conditions peu favorables à la récolte.*

*(Traduction de la Direction des pesticides)*

La qualité et le rendement des cultures peuvent être affectés négativement, à la fin de la période de croissance, par le froid, l'humidité et les températures variables. Dans le but d'éviter ce problème, de nombreux cultivateurs procèdent à l'andainage de leurs cultures lorsqu'elles ont atteint leur maturité physiologique mais que le grain est encore trop humide pour être entreposé sans risques. L'andainage permet aussi de sécher les adventices vertes et le feuillage des cultures, ce qui facilite le moissonnage-battage lorsqu'il y a beaucoup de végétation. Le processus de la récolte se termine par le moissonnage-battage, habituellement lorsque la teneur en eau du grain a diminué suffisamment pour permettre qu'on l'entrepose sans risques.

En fin de saison, les conditions défavorables surviennent plus fréquemment et les cultures atteignent souvent leur maturité à un rythme plus lent et moins uniforme dans les régions forêts-parcs des Prairies que dans les régions plus au sud.

La mise en andain est un procédé coûteux à cause du temps, du carburant et de la machinerie nécessaires. Selon la culture, le cultivar et les conditions de croissance, l'andainage peut augmenter ou diminuer l'égrenage prématuré de l'épi ou la chute précoce de la gousse et, par le fait même, entraîner des pertes de rendement. Si la récolte se fait dans des conditions humides, comme il arrive souvent dans les régions du nord, l'andainage peut augmenter la germination prématurée, l'altération sur pied (du grain avant la récolte), la moisissure, etc. et ainsi causer une importante diminution du rendement et de la qualité.

Les dommages infligés par le gel aux cultures sur pied ayant atteint leur maturité physiologique mais encore trop humides pour être récoltées est une autre cause de la baisse de qualité qui engendre d'importantes pertes financières. Si la maturité d'une culture n'est pas uniforme, le gel pourrait endommager les amandes encore vertes, baissant ainsi la qualité de la culture en entier (voir le tableau 4 pour les paiements offerts par la Commission canadienne du blé pour les différentes catégories de blé).

## TABLEAU 4

## PAIEMENTS OFFERTS PAR LA COMMISSION CANADIENNE DU BLÉ POUR LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE BLÉ

### Premiers paiements offerts par la Commission canadienne du blé (en magasin à Thunder Bay et à Vancouver)

| Catégorie | 1988-1989 | 1989-1990 ($/tonne) | 1990-1991 | 1991-1992 |
|---|---|---|---|---|
| #1 CWRS[a] | 150 | 155 | 135 | 95 |
| #2 CCB | 144,21 | 149,21 | 129,21 | 89,21 |
| #3 CCB | 130,21 | 135,21 | 117,21 | 80 |
| Can. Western Feed | 110 | 100 | 95 | 71 |

### Montants obtenus par la Commission canadienne du blé (en magasin à Thunder Bay et à Vancouver)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| #1 CCB | 197,14 | 172,11 | - | - |
| #2 CCB | 191,19 | 168,08 | - | - |
| #3 CCB | 182,11 | 161,13 | - | - |
| Can. Western Feed | 161,06 | 138,08 | - | - |
| | | | Année en cours | |

[a] Canada Western Red Spring Wheat

Source : Agriculture Canada
Direction générale des céréales et des oléagineux
Le 12 août 1991

Dans des conditions climatiques idéales, l'épandage efficace d'un dessicant offrirait une option intéressante par rapport à l'andainage. (On doit souligner que l'épandage avant récolte du glyphosate ne diminurera aucunement le temps nécessaire à la culture pour atteindre sa maturité physiologique.) La mise en andain est une approche plus prudente du fait que l'on peut récupérer le grain (il y a possibilité cependant de pertes ou de dommages) après une période de temps humide. La récolte d'une culture sur pied ne peut être reculée aussi longtemps que celle d'une culture en andain.

Les lentilles, le colza canola, les pois, le lin et quelques variétés de soja sont toutes des plantes à croissance indéfinie. Les plantes qui se développent de cette façon continuent à croître et à fleurir alors que les premières graines atteignent leur maturité. La maturité non uniforme d'une culture à la récolte signifie la présence de graines immatures, ce qui peut entraîner la reclassification de la culture à une catégorie inférieure. Ces cultures sont également très susceptibles à la perte de rendement due à l'égrenage prématuré. Celà peut se produire au cours de l'andainage ou lorsque les andains sèchent dans les champs. Une forte croissance de la partie verte chez les plantes de pois et de soja nuit au bon fonctionnement des machines de récolte. On pourrait réduire ces problèmes en appliquant un dessicant qui interromperait la croissance, dessécherait les graines immatures et assècherait les plantes non coupées.

À la lumière des limites et des défis opérationnels mentionnés ci-dessus, il n'est pas surprenant que le glyphosate ait suscité l'intérêt des cultivateurs, compte tenu du fait qu'il peut devenir un outil efficace d'aide à la récolte.

b) <u>Disponibilité des produits de remplacement</u>

Diquat, un herbicide de contact à action rapide, est présentement homologué pour la dessiccation du colza canola, de la moutarde, des pois secs, du lin, du soja et des lentilles. Il est grandement utilisé pour cette fonction sur les lentilles et les pois.

Quoique le diquat assèche ces cultures très efficacement, il peut dans certaines conditions augmenter la tendance d'une culture à s'égrener. Le diquat n'est pas vraiment efficace pour combattre les mauvaises herbes vivaces et il n'est pas homologué pour usage sur les céréales.

c) Efficacité de l'épandage avant récolte du Roundup[MD] comme aide-récolte

Puisque l'on a déterminé les avantages de la dessiccation en se basant principalement sur des situations rencontrées en milieu réel, il est difficile d'en prouver les avantages par l'intermédiaire d'essais menés sur de petites parcelles. Les effets du glyphosate sur certaines caractéristiques d'une culture, comme la vitesse de dessèchement, sont peut-être trop faibles ou variables pour être évidents dans les essais sur petites parcelles (la méthode utilisée traditionnellement pour établir l'efficacité des herbicides). Il est beaucoup plus difficile d'établir des comparaisons quantitatives sur la facilité du moissonnage-battage que de compter le nombre de mauvaises herbes détruites par un herbicide. Il est également très difficile de mesurer la contribution d'un traitement au mode d'exploitation d'une ferme en raison des limites de temps imposées par des conditions climatiques défavoralbes ou la nécessité de récolter plus d'une culture.

Voilà donc pourquoi il est difficile de démontrer scientifiquement (p. ex. au moyen d'essais sur de petites parcelles) si le glyphosate est réellement efficace pour la dessiccation. Il est donc tout à fait naturel que les experts ne s'entendent pas tous sur l'utilité de l'emploi des dessicants.

Le demandeur d'homologation n'a pas prouvé de façon concluante l'efficacité de l'épandage avant récolte du glyphosate à titre d'aide-récolte, comme il est décrit sur l'étiquette proposée. Un programme expérimental exhaustif et compliqué serait nécessaire afin de démontrer le rendement de cet emploi dans les diverses cultures proposées. Cependant, la section 9 du *Règlement sur les produits antiparasitaires* exige que le demandeur fournisse les renseignements qui permettront de

déterminer l'innocuité, les avantages et la valeur du produit.

Figurent parmi les critères les plus importants de l'évaluation d'un traitement aide-récolte, le rendement, la qualité, la date de maturation, la vitesse d'assèchement, le taux d'égrenage, ainsi que la vitesse et la facilité du moissonnage-battage. De plus, on doit tenir compte de la possibilité d'une diminution de la germination des graines ou de la vigueur à la levée. Les effets d'un traitement de glyphosate sur ces données sont peut-être relativement faibles mais ils n'en sont pas moins importants pour le cultivateur.

Les traitments doivent s'effectuer à la teneur en eau de la graine et à la dose appropriées. On doit prendre note de l'humidité pondérale de la graine au moment de l'andainage et de la récolte.

La décision de procéder à l'andainage avant la récolte ou de passer directement au moissonnage-battage peut influencer tous les paramètres mentionnés ci-avant. Puisque l'on considère que le traitement de prérécolte pourrait remplacer l'andainage, on doit, pour fin de comparaison, inclure les variétés témoins andainées et les parcelles traitées qui ont été moissonnées et battues dans une seule opération. Un autre élément vient compliquer le concept de l'expérience, soit le choix du moment d'exécution des diverses opérations. Pour obtenir une comparaison juste du rendement, doit-on procéder à l'andainage de la culture témoin au moment propice ou au moment de l'épandage de l'herbicide à la parcelle? De même, doit-on récolter les cultures témoins en andain en même temps que l'on procède au moissonnage-battage des parcelles traitées ou doit-on faire la récolte au meilleur moment pour chacune?

Il sera difficile de différencier, pour une culture, entre les variations de paramètres causées par un herbicide et les variations entre les essais causées par les facteurs environnementaux et expérimentaux. La variété de culture utilisée pour un essai peut influencer les résultats puisque la tendance à l'égrenage diffère grandement d'une variété à l'autre. Les pertes dues à l'égrenage

varieront selon la hauteur de la coupe et la teneur en eau de la graine au moment de l'andainage ou du moissonnage-battage. Il est probable que les effets du traitement herbicide et des méthodes de récolte utilisées soient influencés par les conditions climatiques entre le moment du traitement et la récolte.

Le dossier technique soumis par le demandeur procure des renseignements utiles sur les effets de l'emploi du glyphosate en prérécolte. Par exemple, le traitement n'a eu aucun effet négatif important sur les mesures de qualité des cultures comme le poids d'amandes et la référence à l'huile (*oil number*) pour le lin et la proportion des graines vertes dans le colza canola.

Le résumé du demandeur, portant sur les essais de germination effectués avec des graines de semence provenant de parcelles traitées, n'indique aucun effet négatif sur l'orge, le blé, le colza canola, le lin et les lentilles. Une diminution de germination précoce (6 jours) a été constatée chez les semences de pois traitées, mais au 16e jour, la germination était excellente.

La viabilité de la semence est un problème fondamentale chez l'orge. L'orge de brasserie se vend au prix de loin le plus élevé. On le fait germer en milieu conditionné pour la fabrication de la bière. Tout effet négatif d'un traitement de glyphosate sur la germination suffirait à contre-indiquer son emploi sur l'orge.

On a signalé des effets positifs sur le rendement des récoltes et le taux d'assèchement des semences. Cependant, ces résultats, obtenus à la suite d'un petit nombre d'essais effectués aux moments propices d'épandage de l'herbicide, n'étaient pas constants. Dans le cas du blé, on a soumis des résultats de cinq essais effectués à une teneur en eau adéquate de la graine. De ces essais, deux n'ont révélé aucune diminution, due au traitement, de la teneur en eau de la graine à la récolte; trois ont montré une légère baisse de l'humidité pondérale dans les graines traitées par rapport aux graines témoins non traitées. On a également obtenu des résultats variés pour un des six essais dans lequel le glyphosate était

appliqué à la bonne teneur en eau de la graine d'orge, ainsi que pour les six essais semblables sur le colza canola.

Le colza canola a connu un taux variable d'égrenage sur pied; ce taux a augmenté de 10 à 11 % à la suite d'un traitement au glyphosate dans l'un des deux essais où l'on a évalué cette caractéristique. Chez le lin, certains essais ont révélé une diminution importante de l'égrenage et une augmentation du rendement par rapport à la récolte témoin andainée. Quant à l'orge, on n'a relevé aucune différence significative du taux d'égrenage dans le seul essai au cours duquel on a évalué cette caractéristique.

L'assèchement des adventices annuelles et vivaces ainsi que de la partie poussante de la culture a varié également. Dans quelques uns des dix-sept essais où l'on a évalué l'assèchement, le traitement avant récolte du glyphosate a été relié à l'augmentation de l'assèchement de la culture et d'au moins une espèce d'adventice par rapport à une culture témoin non traitée qui a été récoltée par moissonnage-battage. Le dossier technique ne couvre pas certains détails sur les essais, comme les conditions climatiques, qui auraient permis d'interpréter certaines variations dans les résultats.

Le fait qu'il est difficile de prouver l'efficacité d'un produit comme aide-récolte explique la raison pour laquelle les chercheurs et les autres experts ne s'entendent pas sur la question.

Cependant, cette difficulté ne signifie pas nécessairement que les traitements de prérécolte ne seront pas utiles. Ces traitements pourraient très bien être d'une très grande utilité dans certaines régions géographiques et avec des combinaisons particulières de culture, d'adventice et de conditions climatiques, surtout chez les cultures difficiles à récolter comme le lin, les lentilles et les pois.

Les facteurs qui influencent cette évaluation sont diversifiés, complexes, interdépendants, hautement variables et fortement influencés par les techniques agronomiques employées sur

chaque ferme ou même sur chaque champs. Par conséquent, les producteurs agricoles sont de toute évidence les meilleurs juges à ce sujet puisque ce sont eux finalement qui décident si un traitement a ou non de la valeur dans l'exploitation de leur entreprise.

Il existe plusieurs façons de régler une situation aussi complexe et incertaine :

1) exiger du demandeur qu'il effectue d'autres essais sur de petites parcelles;

2) exiger du demandeur qu'il évalue et documente davantage l'efficacité du produit comme aide-récolte dans diverses conditions commerciales d'utilisation (c.-à-d., par l'intermédiaire d'un permis de recherche et au cours d'une période d'homologation temporaire);

3) réviser ou limiter l'énoncé de l'étiquette afin qu'il reflète les données disponibles sur la performance du produit en tant qu'aide à la récolte;

4) avertir l'usager, au moyen d'un énoncé sur l'étiquette du produit, que l'allégation d'aide à la récolte n'est pas entièrement étayée par des recherches scientifiques;

5) faire référence sur l'étiquette à l'incertitute et à la complexité qui se rattachent au domaine de la dessiccation, comme le stipule le texte de l'étiquette proposée; ou

6) homologuer le nouvel emploi et permettre aux usagers d'en déterminer eux-même l'efficacité.

## 7. AVANTAGES AU PLAN ÉCONOMIQUE (DIRECTION GÉNÉRALE DES POLITIQUES D'AGRICULTURE CANADA)

### 7.1 Source principale de retombées positives

a) Description

Une étude entreprise par un expert-conseil pour le compte de Monsanto Canada Inc. conclut que la source principale de retombées économiques tiendrait à l'amélioration du rendement des cultures résultant d'un meilleur taux de

désherbage du chardon des champs et du chiendent dans l'Ouest canadien. Dans ce rapport, on estime que les gains annuels nets du désherbage au moyen de l'épandage avant récolte de Roundup[MD] se situent dans une fourchette allant de 31,6 à 35,8 millions de dollars. Environ 64 % de ces gains tiendraient à l'amélioration du rendement des récoltes de blé, 17 % à celles de l'orge et les 19 % restants, à l'amélioration des récoltes combinées de colza canola, de lin, de pois et de lentilles. Les retombées en question se manifesteraient sous forme de revenus additionnels dont bénéficieraient les agriculteurs du fait de la hausse de productivité associée au nouvel emploi du pesticide.

b) Hypothèses clés et sources des données

Les données exploitées et les hypothèses appliquées pour en arriver à l'estimation susmentionnée des gains annuels nets ont été recueillies et élaborées en faisant largement appel à l'information scientifique et économique disponible et à la consultation des experts du secteur industriel. À titre d'exemple :

1) On suppose que l'amélioration du désherbage pourrait résulter du seul traitement avant récolte des zones infestées qui ne sont pas traitées actuellement. L'épandage dans les aires qui ne sont pas traitées actuellement pourrait être mené à bien grâce à un épandage avant récolte qui assurerait «une extension de la période d'épandage», en conformité avec le contenu de la section 6.3 du présent document.

2) Deux autres hypothèses ont été exploitées par rapport au pourcentage des zones infestées non traitées qui feraient l'objet d'une application de Roundup[MD] avant récolte. Dans l'un de ces scénarios, on suppose que l'épandage couvrirait 85 % des superficies infestées non traitées, et dans l'autre, 75 %. Il s'agit là du seul cas où l'on a fait appel à des hypothèses concurrentes et, en conséquence, c'est ce procédé qui explique le fait que les gains annuels nets soient

présentés sous forme d'intervalle de variation plutôt que de faire l'objet d'une estimation ponctuelle.

3) La densité du chiendent et du chardon des champs dans les zones infestées non traitées a été établie à 180/m² et 30/m² respectivement. Ces hypothèses sont fondées sur des «échanges avec des représentants de l'industrie et une étude de la documentation scientifique pertinente». L'importance de ces prémisses repose sur le fait qu'elles conditionnent d'autres estimations.

4) On suppose que la moitié de l'épandage se ferait au sol et l'autre moitié par voie aérienne.

5) Pour chaque type de culture et chaque province, on a recueilli des données sur les zones ensemencées, sur le rendements des récoltes, sur la production et sur le prix. Des moyennes réparties sur cinq ans ont été utilisées pour chacune de ces variables.

c) Validité des hypothèses - Sources de données exploitées

Comme il a été dit précédemment, on s'est largement fié à l'information scientifique et économique disponible et aux avis des experts de l'industrie. De tels efforts contribuent largement à établir la validité des hypothèses et des données exploitées, et, en conséquence, à garantir que les retombées éventuelles sont estimées aussi exactement que possible. Ces estimations peuvent être considérées comme prudentes, puisque, comme le fait remarquer le rapport, ce sont les sources de données disponibles les plus prudentes qui ont été exploitées dans un certain nombre de cas. Néanmoins, il convient de formuler certaines réserves et d'en discuter.

Épandage au sol et épandage aérien :

Le rapport a été préparé avant que Monsanto ne propose de modifier l'étiquette pour limiter l'usage avant récolte proposé à un épandage au sol. Il en résulte que l'hypothèse relative à la limite de 50 % retenue pour ce type

d'épandage s'avère de toute évidence inadéquate et qu'il convient de procéder à un nouveau calcul des gains prévus. Si la décision de limiter l'usage avant récolte du produit Roundup[MD] à l'épandage au sol ne réduisait pas le nombre d'acres traités, les calculs fondés sur les renseignements contenus dans le rapport laissent entendre que les gains économiques nets n'en seraient réduits que légèrement.[1] Toutefois, il est fort possible que les restrictions en question réduisent le nombre d'acres traités. Le rapport fait remarquer que certains des experts consultés ont soulevé les questions suivantes :

1) Le manque de disponibilité du matériel de pulvérisation au sol pourrait, à court terme, limiter l'épandage.

2) La faisabilité de l'épandage du produit sans recourir à l'épandage aérien ne semble pas clairement établie.

Ces considérations augmentent l'incertitude quant au bien-fondé de l'estimation des retombées économiques. Il semble légitime de conclure que la décision de se limiter à un épandage au sol pourrait entraîner une réduction relativement faible des gains économiques nets prévus.

Interprétation des limites supérieure et inférieure de l'intervalle de variation :

Comme il a été noté précédemment, les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de variation des gains annuels nets sont fondées sur une variation, de 75 à 85 %, de la proportion présumée des zones infestées non traitées qui seraient soumises à un épandage avant récolte de Roundup[MD]. Toutefois, il faut se garder d'interpréter ces limites inférieure et supérieure comme représentant des scénarios extrêmes allant du «plus favorable» au «moins

---

[1] Ces calculs sont incomplets parce que le rapport ne contient pas toutes les données requises pour y procéder. En conséquence, leur fiabilité est quelque peu douteuse.

favorable». Cette mise en garde s'impose du fait des deux considérations suivantes :

1) Le degré d'incertitude quant au pourcentage des terres actuellement non traitées qui seraient soumises à une application avant récolte de Roundup[MD] peut s'avérer plus marqué que ne le laisse entendre l'intervalle établi de 75 à 85 %. Une partie de cette incertitude est due, comme dans la plupart des situations de ce type, à la difficulté d'évaluer la relation entre les prix du pesticide et son utilisation.

2) Les valeurs tenues pour constantes d'un scénario à l'autre (p. ex. : la densité de l'infestation dans les zones non traitées) pourraient être également remises en question. Idéalement, il aurait été utile d'adopter des scénarios prévoyant une certaine variation de ces autres facteurs.

7.2 Autres sources de retombées positives

En plus des retombées de la maîtrise des mauvaises herbes décrites ci-avant, le rapport cerne d'importants avantages éventuels pour la gestion des récoltes (dessiccation). Bien que ces avantages ne soient pas quantifiés, certains des experts interrogés en cours d'étude étaient d'avis que les retombées pour la gestion des récoltes pourraient être supérieures aux avantages retirés du désherbage.

7.3 Autres points à considérer

Le rapport fait remarquer que les résidus réels ou présumés pourraient compromettre le niveau des gains et il aborde des questions liées, entre autres choses, à l'incidence des résidus sur la qualité du produit, sur le prix, sur la distribution et sur la commercialisation. Cette argumentation ne permet pas de conclure que les problèmes associés à la question des résidus menacent ou sapent les retombées positives de l'épandage avant récolte du Roundup[MD], telles qu'elles sont décrites ci-avant. Toutefois, il n'est pas évident que toutes les questions pertinentes aient été analysées suffisamment en profondeur. Par exemple, la question de savoir si les résidus pourraient éventuellement avoir un effet préjudiciable sur les exportations vers les marchés clés n'est pas abordée

expressément. Ce problème est traité à la section 8 du présent document.

7.4 Conclusions

Les analyses et conclusions de l'étude de l'expert-conseil semblent reposer sur des hypothèses valides, bien qu'il faille garder à l'esprit les réserves formulées ci-avant. Il convient en outre de faire d'autres réserves. En effet, toutes les retombées positives dont il est question sont de nature virtuelle puisque l'usage en question n'a pas encore été approuvé.

Quoi qu'il en soit, les conclusions de l'étude, telles que résumées ci-avant, fournissent des preuves très utiles et pondérées de la nature et de l'ampleur globale des retombées économiques potentielles qu'aura l'épandage avant récolte du Roundup[MD].

## 8. QUESTIONS RELATIVES À LA COMMERCIALISATION DU BLÉ, DE L'ORGE, DU COLZA CANOLA, DES LENTILLES, DU SOJA ET DES POIS (COMMISSION CANADIENNE DES GRAINS)

### 8.1 Résumé

a) Introduction

Le présent rapport présente le point de vue de la Commission canadienne des grains (CCG) relativement aux risques, pour la commercialisation, de l'homologation de l'emploi avant récolte du glyphosate sur les champs de blé, d'orge, de colza canola, de lentilles, de soja et de pois. Cette évaluation est fondée sur l'examen des données disponibles, dont la plupart ont été fournies par Monsanto Canada Inc. À la demande de la Direction des pesticides, des commentaires relatifs aux traitements au sol et aérien ont été inclus.

b) Résumé des commentaires de la CCG

La CCG ne s'oppose pas à l'épandage au sol avant récolte du glyphosate sur les champs de blé, d'orge, de colza canola, de lentilles, de soja et de pois, conformément aux conditions établies dans le texte de l'étiquette proposée. Cependant, étant donné les incertitudes relatives au niveau de résidus et à leur fréquence d'apparition dans les cargaisons

commerciales et l'incertitude quant à l'acceptation par l'acheteur du niveau de ces résidus, la CCG recommande une HOMOLOGATION TEMPORAIRE. La CCG s'oppose à l'homologation de l'épandage aérien du glyphosate pour le blé, l'orge et le colza canola. Bien que la Commission puisse en arriver à accepter l'épandage aérien de glyphosate sur les cultures de lentilles, de soja et de pois, elle n'a pas l'intention d'y donner son approbation avant que les effets réels de l'épandage au sol n'aient pu être évalués.

c) Considérations générales

1) Évaluation des risques associés à l'usage des pesticides pour la commercialisation

En vue d'évaluer les risques éventuels, pour la commercialisation, de l'épandage avant récolte du glyphosate sur les cultures canadiennes de grains, il est important de se poser trois questions.

i) À quels types de problèmes de commercialisation pourrait-on faire face?

ii) Quelles en seraient les probabilités d'actualisation?

iii) Quelle est l'importance de ces risques de commercialisation en termes de coûts possibles pour l'industrie canadienne des grains?

En ce qui concerne l'exportation de grains canadiens, l'ampleur de tout problème de commercialisation pouvant être associé avec l'utilisation des pesticides est généralement fonction de deux facteurs principaux :

i) les niveaux de résidus et leur fréquence d'apparition dans les cargaisons commerciales; et

ii) le point de vue des acheteurs étrangers quant à l'acceptabilité de ces concentrations dans les cargaisons.

Les prévisions relatives aux niveaux des résidus dans les cargaisons commerciales et l'acceptation par l'acheteur de la présence de résidus dans le grain ne sont toutefois pas des questions faciles à régler; elles exigent que l'on tienne compte de certains points de vue, de certaines hypothèses et de certains éléments factuels. En conséquence, il est important de comprendre la nature conditionnelle de ces prévisions et de les replacer dans un contexte approprié.

Les points de vue de la CCG mis de l'avant dans le présent document sont fondés sur l'hypothèse selon laquelle le glyphosate sera utilisé en conformité avec les indications de l'étiquette et que les estimations relatives aux débouchés commerciaux fournies par Monsanto sont raisonnablement exactes. S'il s'avérait que l'épandage de glyphosate se déroule, de façon générale, dans des conditions d'humidité inadéquates du grain ou si le recours illégal à l'épandage aérien se répandait, ou encore si le degré d'utilisation du produit s'avérait considérablement plus élevé que celui qui est prévu par Monsanto, les prévisions établies pour le niveau de résidus dans les cargaisons commerciales pourraient devoir être revues.

La prévision des résidus dans les cargaisons commerciales soulève également d'autres hypothèses. L'une d'entre elles est que la variabilité des niveaux moyens de résidus dans les cargaisons commerciales sera minimale étant donné les mélanges résultant du système de manutention des produits en vrac. L'effet de mélange est surtout dû à la taille du système commercial de manutention du grain au Canada et au fait que le chargement d'un cargo de 20 000 tonnes peut exiger des livraisons de plus de 2 000 producteurs. Le mélange des livraisons des producteurs de tout l'Ouest canadien devrait surtout contribuer à diluer les résidus de l'épandage agricole qui peuvent se retrouver dans certaines livraisons et maintenir ainsi les niveaux moyens de

résidus d'une cargaison par bateau à un niveau minimal.

Il convient également d'établir certaines hypothèses quant à l'acceptation, par le consommateur, des résidus dans les cargaisons et quant à la réaction de ce consommateur à des niveaux considérés comme contestables. En évaluant les risques que présente l'épandage avant récolte du glyphosate pour la commercialisation, nous avons retenu deux hypothèses importantes.

i) Les acheteurs avertis ne modifieront pas leurs habitudes d'achat des grains en question, du fait de la présence de résidus de glyphosate à des niveaux allant jusqu'à 0,20 mg/kg (le seuil établi au Japon pour les résidus de glyphosate dans le riz).

ii) Les agents américains n'adopteront pas de mesures réglementaires contre les cargaisons canadiennes dont les niveaux de glyphosate se situent nettement en deçà des seuils tolérés sur le plan international. Même si la présence d'un niveau insignifiant mais décelable peut, techniquement, contrevenir aux lignes directrices en vigueur, il est peu probable, dans les circonstances actuelles, que ces lignes directrices soient appliquées au glyphosate.

Cette probabilité repose sur deux motifs. L'un d'eux est la faible toxicité du glyphosate qui ne permet pas de prétendre qu'une faible concentration de cette substance dans le grain engendre un risque pour la santé. L'autre tient au fait que l'on s'attend à ce que les États-Unis homologuent bientôt l'épandage du glyphosate avant les récoltes de grains. Dès que cette mesure aura été prise, les seuils tolérés par les États-Unis se conformeront davantage aux limites établies sur le plan international et les niveaux peu élevés de glyphosate dans les cargaisons à destination des États-Unis ne risqueront plus d'être contestés.

Un autre facteur qui contribue à rendre précaire la prévision des risques de commercialisation liés à l'utilisation des pesticides et qui renforce la nécessité d'agir avec circonspection avant d'homologuer de nouveaux pesticides tient à l'absence de seuils de tolérance officiels pour les résidus des pesticides dans de nombreux pays avec lesquels nous faisons du commerce. En l'absence de seuils de tolérance régissant l'utilisation de pesticides pour divers types de cultures, on ne peut jamais établir avec certitude le niveau maximal autorisé dans les cargaisons de denrées d'importation. Dans le cas du glyphosate, le nombre de pays ayant des seuils de tolérance officiels pour les grains est limité. En conséquence, pour certains marchés, la prédiction quant à l'acceptation du niveau de résidus de glyphosate par l'acheteur n'est rien d'autre qu'une approximation.

Par ailleurs, il n'est pas plus réaliste de s'attendre à ce qu'on puisse évaluer avec une certitude absolue le niveau d'acceptabilité des résidus dans les cargaisons étrangères. Si nous voulons rester réalistes, nous devons nous attendre à vivre avec un certain risque. En conséquence, en évaluant les nouveaux pesticides proposés pour l'épandage dans l'industrie du grain, la CCG s'efforce de garantir que les risques sont minimes et qu'ils ne compromettront pas sérieusement la qualité ou la capacité de mise en marché du grain canadien.

## 8.2 Problèmes éventuels de commercialisation associés à l'usage des pesticides

Les trois principaux types de problèmes éventuels de commercialisation liés à la question de la salubrité des grains sont les suivants : le refoulement des cargaisons; les demandes d'indemnisation pour les cargaisons contenant des niveaux discutables d'une substance indésirable; et les occasions de ventes perdues.

En théorie, dans les questions relatives à la salubrité des denrées alimentaires, quatre motifs peuvent être invoqués pour refouler une cargaison ou

pour demander des indemnités à l'encontre d'une cargaison. Ces motifs sont les suivants :

1) Le non-respect des seuils de tolérance légaux ou des seuils de tolérance reconnus sur le plan international pour les substances toxiques décelées dans le grain.

2) Le non-respect des clauses des contrats d'achat de grains régissant la présence des substances toxiques.

3) Le refus d'accepter la présence de certaines substances dans les cargaisons, à des niveaux qui dépassent les normes arbitraires de contrôle de la qualité de l'acheteur ou les objections formulées à l'encontre de la présence de ces substances.

4) La preuve établissant qu'une cargaison particulière est responsable des problèmes de santé ou de sécurité affectant les humains ou les animaux par suite de la consommation de la totalité ou d'une partie de la cargaison.

Il ne fait aucun doute qu'un problème réel ou apparent se manifestant dans le domaine de la salubrité du grain canadien aurait des effets sur les exportations. Les pertes d'occasion de vendre des grains canadiens en raison de problèmes liés à la salubrité du produit pourraient provenir d'un certain nombre de motifs :

1) L'incapacité des producteurs de grains canadiens de se conformer aux normes en vigueur dans un pays donné.

2) L'incapacité des producteurs de grains canadiens de satisfaire aux demandes des acheteurs quant à la pureté du produit, dans les pays où les consommateurs sont particulièrement avertis.

3) Les préoccupations quant à la contamination possible du grain canadien considéré, dès lors, comme impropre à la consommation humaine ou animale.

8.3 <u>Résidus de glyphosate et d'acide aminométhylphosphonique (AMPA) dans le grain récolté</u>

Les données relatives aux résidus résultant des essais sur le terrain entrepris par Monsanto Canada

Inc. montrent clairement la présence de niveaux nettement décelables de glyphosate dans la plupart des échantillons de grains récoltés dans des parcelles traitées. Généralement, les quantités décelées varient considérablement d'une étude à l'autre et d'un endroit à l'autre. Elles varient également en fonction du taux d'épandage de glyphosate et du niveau d'humidité du grain au moment de l'application.

En ce qui concerne l'épandage de glyphosate à un taux d'environ 0,9 kg de matière active par hectare et à des teneurs en eau du grain se situant en-deçà de 30 %, la fourchette des concentrations moyennes des résidus de glyphosate pour toutes les études entreprises et leur moyenne étaient les suivants :

**Niveau moyen de résidus de glyphosate pour toutes les études (mg/kg)**

| Grain | Minimum | Maximum | Moyenne |
|---|---|---|---|
| Blé | 0,5 | 2,6 | 1,1 |
| Orge | 2,5 | 3,4 | 3,0 |
| Colza canola | 2,1 | 14,6 | 4,8 |
| Lentilles | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| Soja | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Pois | 3,1 | 3,1 | 3,1 |

Remarque : Les valeurs reprises ci-avant sont des moyennes qui ne reflètent pas la variation des résultats des essais individuels au sein de chaque étude. Lorsqu'il s'agit de cargaisons de produits en vrac, il est plus important de tenir compte des niveaux de résidus moyens dans les champs traités que des résultats des tests individuels pour une étude en particulier.

L'acide aminométhylphosphonique (AMPA), le principal métabolite de glyphosate, a été décelé à des niveaux relativement bas dans quelques échantillons de blé, d'orge, de colza canola et de soja mais il n'a pu être décelé dans les échantillons de lentilles et de pois. Les niveaux «dignes de mention» dans le blé et l'orge étaient généralement associés à des taux d'épandage élevés et à des niveaux d'humidité du grain dépassant 30 %. En règle générale, les résidus d'AMPA ne semblent pas soulever de problèmes.

## 8.4 Effet de la transformation sur la rétention des résidus

Le glyphosate n'est pas détruit au cours de la mouture; il est, au contraire, redistribué dans des sous-produits de la transformation. Une grande part des résidus est retenue dans le son, avec toutefois des niveaux de concentration dans la farine qui varient généralement entre 16 et 29 % de la concentration dans le grain entier.

Le traitement des données pour l'orge indique qu'il existe un coefficient de corrélation assez faible entre le niveau de glyphosate dans le grain, sa concentration dans le malt et la rétention de glyphosate dans la bière. Dans l'une des études, la rétention de glyphosate dans le malt variait entre 0,8 % et 4,1 % du niveau des résidus dans le grain, pour se situer en moyenne à 2,0 %. La découverte des plus hauts taux de rétention dans le malt, jusqu'à 42,1 %, était généralement associée au traitement d'orge récolté avant d'être à maturité ou à des taux d'épandage excessifs. La rétention de glyphosate dans la bière se situait généralement dans une fourchette allant de 11,6 à 16 % du niveau présent dans le malt. Théoriquement, le niveau maximal de glyphosate qui peut être décelé dans la bière produite à partir d'orge traité à un niveau d'épandage et à un stade de maturation acceptables est de 0,02 mg/kg. Cependant, le niveau de glyphosate dans les bières commerciales devrait être considérablement moins élevé et, à toutes fins utiles, non décelable.

Dans le cadre des procédés de transformation du colza canola et du soja, le glyphosate est retenu dans la farine du premier et dans la farine et les cosses du second. Dans l'huile, les résidus n'étaient pratiquement pas décelables. En ce qui concerne le colza canola, les niveaux dans la farine représentaient, en moyenne, environ 1,6 fois le niveau décelé dans le grain. Tandis que dans le soja, le niveau dans la farine était semblable à celui du grain entier mais la concentration dans les cosses était environ cinq fois plus forte que dans la fève.

## 8.5 Niveau de résidus prévu dans les cargaisons commerciales

En évaluant les problèmes de commercialisation virtuels associés à l'utilisation avant récolte de glyphosate, il convient d'examiner les différents

types de cargaisons pouvant se présenter.

Les niveaux moyens prévisibles de glyphosate dans les cargaisons expédiées par bateau sont les suivants :

**Niveau prévu (mg/kg) pour les expéditions par bateau**

| Grain | Épandage au sol seulement | Épandage au sol et aérien |
|---|---|---|
| Blé | <0,05 | 0,06 |
| Orge | 0,09 | 0,27 |
| Colza canola | 0,10 | 0,30 |
| Lentilles | a | a |
| Soja | <0,05 | <0,05 |
| Pois | <0,05 | <0,05 |

a non expédié en vrac

En ce qui concerne le blé, l'orge, le colza canola et le soja, les concentrations de glyphosate seraient vraisemblablement plus élevées pour les expéditions par wagon que par bateau. Cette variation est due principalement aux différents niveaux de mélange propres à ces divers types d'expédition. Dans certains cas, particulièrement lorsqu'il s'agit de wagons affrétés par le producteur, les niveaux relevés dans la cargaison de ces wagons pourraient rejoindre les concentrations précédemment énumérées pour le grain récolté dans des champs traités. Toutefois, en moyenne, puisqu'on peut s'attendre à un certain niveau de mélange, la concentration de glyphosate dans les wagons devrait se situer vraisemblablement quelque part entre les niveaux prévus pour les expéditions par bateau et les niveaux que l'on retrouve habituellement dans le grain récolté dans les champs traités.

Le pourcentage des cargaisons contaminées au glyphosate est très difficile à prévoir, mais on peut s'attendre à ce qu'il soit beaucoup plus élevé que le pourcentage de la superficie totale qui a été traitée. Cela tient principalement au fait que le chargement d'un seul camion suffit à contaminer un wagon entier. Une estimation approximative de la fréquence d'apparition des résidus dans les wagons est de 10 à 15 % pour chaque pour cent de la récolte totale traitée. Si on se limitait à un épandage au sol, la majorité des

wagons de blé, d'orge, de colza canola et de soja seraient pratiquement exempts de résidus de glyphosate. Cependant, après un épandage aérien, presque tous les wagons de blé, d'orge et de colza canola contiendraient des résidus, et les niveaux moyens seraient notablement plus élevés.

Dans le cas de l'expédition de marchandises en sacs, principale technique d'expédition des lentilles et l'une des techniques exploitées pour le transport des pois et du soja, la fréquence d'apparition des résidus de glyphosate serait très faible. Toutefois, en cas de présence de résidus, la concentration serait vraisemblablement importante. Cela s'explique principalement par l'absence de mélange avant la mise en sac. En l'absence de mélange, le niveau moyen de glyphosate dans les cargaisons de sacs provenant de champs traités devrait s'approcher des niveaux moyens observés au cours des analyses sur le terrain. Par contre, les lots de sac provenant de champs non traités seraient vraisemblablement exempts de résidus de glyphosate. En général, à cause de l'absence de mélange, le pourcentage des lots de sacs contaminés au glyphosate ne devrait guère excéder le pourcentage de la superficie totale traitée.

8.6 Seuils de tolérance internationaux

| Culture | FAO-OMS | Italie | Japon | États-Unis | Canada[a] |
|---|---|---|---|---|---|
| Orge | 20,0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 10,0 |
| Fèves | 2,0 | | | 0,2 | [b] |
| Canola | 10,0 | | | | [c] |
| Lentilles | | | | 0,2 | 4,0 |
| Pois | 5,0 | | | 0,2 | 5,0 |
| Riz | 0,05 | 0,1 | 0,2 | | --- |
| Soja | 5,0 | | | 6,0 | 6,0 |
| Blé | 5,0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 5,0 |

[a] Limites proposées - il ne s'agit pas de seuils de tolérance officiels.
[b] Aucune limite proposée à cause de l'insuffisance des données
[c] Aucune limite proposée parce que l'absence de données indique qu'il n'existe aucune rétention significative dans l'huile de colza canola.

8.7 Évaluation des problèmes éventuels de commercialisation

Expédition par bateau de marchandises en vrac. On ne s'attend à aucun problème sérieux de commercialisation pour l'expédition par bateau de blé, d'orge, de colza canola, de farine de colza canola, de soja et de pois par suite de l'épandage de glyphosate avant récolte. Des objections ou des protestations mineures peuvent provenir de certains acheteurs très avertis, particulièrement en ce qui concerne l'utilisation de glyphosate dans la culture du blé, de l'orge et du colza canola mais ces réactions ne devraient entraîner que des conséquences mineures. Étant donné le seuil de tolérance élevé de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) et de l'OMS (Organisation mondiale de la santé) pour l'utilisation de glyphosate dans la culture du blé, la toxicité relativement faible de cette substance et les faibles niveaux prévus dans les cargaisons, les plaintes, les cargaisons refoulées, les demandes d'indemnisation et les pertes de vente dans le domaine de l'expédition par bateau sont improbables.

Par contre, si on approuvait l'épandage aérien, des problèmes de commercialisation sérieux pourraient surgir dans le cadre de l'expédition par bateau du blé, de l'orge, du colza canola et de la farine de

colza canola. En principe, l'approbation de l'épandage aérien entraînerait une augmentation de la proportion du volume total des cultures traitées, ce qui, à son tour, causerait une diminution de la proportion des produits non traités qui servent à réduire la concentration des résidus dans les produits agricoles. Il en résulterait des niveaux plus élevés de résidus dans les cargaisons expédiées par bateau. Si l'on tient compte des concentrations de résidus généralement plus élevées qui sont associées à l'épandage aérien et de la variation des niveaux que l'on rencontrerait dans les cargaisons, les expéditions pourraient occasionnellement contenir des niveaux de résidus dépassant les limites jugées acceptables par certains acheteurs très avertis. L'approbation de l'épandage aérien pour les lentilles, les pois et le soja n'est toutefois pas censée engendrer de problèmes sérieux de commercialisation.

Expédition par wagon vers les États-Unis. L'une des préoccupations principales, en ce qui concerne les risques de commercialisation associés à l'épandage avant récolte de glyphosate sur le blé, l'orge et le colza canola tient au refoulement possible de la cargaison des wagons expédiés aux États-Unis. Ce risque persistera vraisemblablement jusqu'à ce que les seuils de tolérance américains se rapprochent des limites établies sur le plan international. En théorie, dans le cadre de la réglementation actuelle, tout wagon de grain dans lequel du glyphosate est décelé pourrait, en principe, être refusé. Cette règle s'appliquerait également à l'expédition par wagon de farine de colza canola. En pratique, cependant, pour les motifs mentionnés précédemment, le rejet massif de wagons de produits agricoles ayant fait l'objet d'un épandage au sol de glyphosate est considéré comme hautement improbable. Même s'il est possible que l'entrée de tels produits expédiés par wagon soit refusée occasionnellement par les autorités américaines, l'état actuel des cargaisons devrait, en général, s'avérer parfaitement acceptable.

Étant donné la concentration de résidus plus élevée et la plus haute fréquence d'apparition des résidus, après un épandage aérien, dans les envois par wagon, l'approbation de cette méthode pourrait entraîner une vague de refoulement de ces cargaisons. Si cela devait se produire, cela pourrait mettre l'industrie du grain en péril. En conséquence, la prudence incite à ajourner l'utilisation de cette technique jusqu'à ce que la question des seuils de tolérance ait été résolue aux États-Unis.

Expédition de marchandises en sacs à l'étranger. Les seules préoccupations en matière de commercialisation qui soient liées à l'expédition de lots de sacs de lentilles, de pois et de soja concernent les expéditions vers les États-Unis et le Japon. Cependant, pour les raisons susmentionnées, en qui concerne l'épandage au sol du glyphosate, on ne s'attend toutefois pas à ce que ces préoccupations donnent lieu à des problèmes sérieux. Toutefois, nous sommes moins sûrs des réactions que susciterait l'approbation de l'épandage aérien. En conséquence, la prudence incite à différer cet usage, à tout le moins jusqu'à ce que la situation relative aux seuils de tolérance américains se soit clarifiée.

Expéditions nationales. Dans l'ensemble, l'épandage avant récolte de glyphosate sur le blé, le colza canola, les lentilles, les pois et le soja n'est pas censé causer quelque problème de commercialisation que ce soit sur le territoire canadien. Généralement, les expéditions commerciales devraient respecter aisément les seuils de tolérance envisagés par la Direction générale de la protection de la santé de Santé et Bien-être social Canada.

Toutefois, il existe, à l'échelle nationale, un problème de commercialisation possible dans le domaine de l'industrie de l'orge, par suite de l'homologation du glyphosate. Les producteurs de malt canadiens pourraient rejeter l'orge de brasserie traité au glyphosate. Indépendamment des motifs justifiant l'adoption de ces normes et de leur fondement, la possibilité de mise en marché, au Canada, de l'orge de brasserie traité pourrait être sévèrement compromise si les brasseries choisissent d'adopter cette orientation. Toutefois, puisque les questions soulevées se rapportent davantage à des normes de contrôle de la qualité industrielles qui doivent encore être précisées qu'à des questions de salubrité, la CCG n'y voit pas de motifs suffisants pour proscrire l'utilisation de glyphosate avant récolte pour l'ensemble de l'industrie de transformation de l'orge. Par ailleurs, si les brasseries choisissaient d'adopter une mesure d'interdiction de cette nature, il reviendrait aux producteurs de décider, individuellement, s'ils devraient, dans leur intérêt, faire usage de glyphosate.

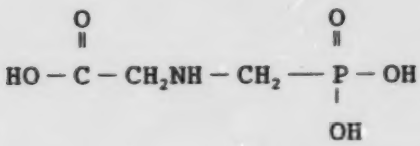
## 9. TOXICITÉ, EXPOSITION PROFESSIONNELLE ET RÉSIDUS DANS LES ALIMENTS (SANTÉ ET BIEN-ÊTRE SOCIAL CANADA)

### 9.1 Identification

Titre : Herbicide glyphosate (Roundup[MD], Vision[MD])

Direction : Direction des aliments et Direction de l'hygiène du milieu

Structure :



### 9.2 Information générale

Le glyphosate, ou N-(phosphonométhyl)glycine, est un herbicide systémique non sélectif de postlevée. Parmi les principales utilisations de cet herbicide à l'échelle internationale figurent le traitement de présemis sur les cultures, le traitement dirigé pour éliminer la végétation indésirable dans les plantations d'arbres et les cultures de cucurbitacées, la préparation des espaces à repeupler et le dégagement des conifères (sylviculture), les systèmes de jachère et de travail réduit sol, l'aménagement en général des terres non cultivées et le traitement avant récolte des céréales et des oléagineux.

La formulation de Roundup[MD] contient du glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine (356 grammes de glyphosate sous forme d'acide par litre de produit) et est actuellement homologuée au Canada pour la lutte contre les mauvaises herbes annuelles et vivaces sur des terres agricoles et non agricoles comme traitement de présemis ou de postrécolte à l'aide d'un matériel d'épandage au sol, c.-à-d. pour le traitement dirigé destiné à désherber les espaces entre les rangs dans les cultures et entre les arbres fruitiers, et pour le traitement localisé dans les cultures et sur des propriétés industrielles et publiques à l'aide de différents types de matériel. Il n'y a pas à l'heure actuelle d'homologation pour une utilisation du glyphosate directement sur des cultures alimentaires sur pied, car une telle utilisation entraînerait vraisemblablement la destruction des cultures en

question. La concentration de résidus de glyphosate dans les cultures résultant des utilisations actuelles est couverte par le règlement général B.15.002.(1) du *Règlement sur les aliments et drogues*.

Monsanto Canada Inc. a présenté une demande à Agriculture Canada pour l'homologation de la formulation Roundup[MD] pour lutter contre les graminées vivaces et comme traitement de dessiccation pour le blé, l'orge, le colza, la moutarde, le soja, le lin, les lentilles, le pois, le haricot et les plantes fourragères à un moment proche de la récolte (c.-à-d. avant récolte ou prérécolte). Cette utilisation entraînera la destruction et la dessiccation de la culture exposée, ce qui facilitera la récolte des grains ou des semences qu'elle porte. Cette utilisation permettra aussi de lutter contre les mauvaises herbes vivaces, comme le chiendent et la chardon des champs, les empêchant ainsi de repousser l'année suivante. De plus, Monsanto Canada a demandé que Santé et Bien-être social Canada établisse une limite maximale de résidus de glyphosate dans les denrées importées de pays où ces traitements avant récolte au glyphosate sont actuellement autorisés.

Une seconde formulation, qui est identique au Roundup[MD], mais qui est homologuée sous l'appellation commerciale de Vision[MD], est utilisée en sylviculture pour le débroussaillement et le désherbage des terrains à repeupler. Il est appliqué par voie aérienne ou terrestre.

## 9.3 Évaluation

### a) Chimie du produit

Le produit technique (glyphosate sous forme d'acide) a une pureté de 98,0 %. Toutes les impuretés majeures ont été identifiées et toutes sont apparentées à la matière active. Le produit formulé est obtenu par conversion du glyphosate sous forme acide à sa forme de sel d'isopropylamine. Tous les principaux métabolites ont été identifiés et la concentration de ces impuretés individuelles varie de 0,2 % à 1 % du produit technique en poids. La préparation contient également de l'eau et un tensioactif.

La présence d'un contaminant (1,4-dioxane) dans le tensioactif utilisé dans la formulation de Roundup[MD]/Vision[MD] a été pointée par certains

groupes d'intérêt comme un source de préoccupation dans le cas des applications aériennes en forêt. Ce produit a été reconnu comme un agent cancérogène et a été confondu avec les dioxines. Un rapport de situation séparé sera préparé sur la toxicologie du 1,4-dioxane.

Le N-nitrosoglyphosate (NNG) a été reconnu comme un micro-contaminant de la matière active technique (0,1 à 0,4 ppm[2]). La concentration réelle de ce contaminant dans le produit formulé est inférieure au seuil de détection qui est de 0,05 ppm. Une évaluation de la base de données toxicologiques existante sur le NNG a été ajoutée dans le présent document.

b) Toxicologie

i) Chimie du produit

Les principales études toxicologiques ont été réalisées avec du produit technique d'une pureté de 94-99,7 %. La préparation de Roundup[MD]/Vision[MD] contient du glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine qui est rapidement converti en acide.

L'acide aminométhylphosphonique (AMPA) est un métabolite que l'on retrouve dans le sol traité avec du glyphosate. Une évaluation de la base de données toxicologiques sur ce métabolite a été ajoutée dans le présent document.

---

[2] La limite de détection était de 0,1 à 0,2 ppm.

ii) Toxicité aiguë - Produit technique

Toxicité par voie orale

Le produit technique (en solution aqueuse à 25 % - poids/volume) a été jugé virtuellement non toxique par suite d'une étude par gavage réalisée chez cinq rats Wistar/sexe/niveau de dose. La $DL_{50}$ a été de 5,6 g/kg de poids corporel (étendue de 4,9 à 6,3, intervalle de confiance de 95 %). On a observé des modifications gastro-intestinales chez les animaux morts ainsi qu'une pâleur du foie et des reins chez les animaux sacrifiés à la fin de l'expérience. Des réactions (comme la piloérection et la léthargie) ont persisté pendant une période allant jusqu'à 7 jours chez les animaux qui se sont rétablis.

Dans une étude validée de l'IBT réalisée par gavage chez 2 lapins femelles/dose, l'administration a entraîné une ulcération et des hémorragies intestinales. La $DL_{50}$ a été de 3,8 g/kg p.c. (étendue de 2,836 à 5,092, intervalle de confiance de 95 %). Le produit technique s'est révélé pratiquement non toxique pour le lapin par voie orale.

Toxicité par voie cutanée

On a exposé des zones cutanées érodées de deux lapins blancs de Nouvelle-Zélande/sexe/niveau de dose à 5 g/kg p.c. d'une solution aqueuse à 25 % pendant 24 heures. Un érythème léger (2 lapins) ou bien défini (2 lapins) a été observé après 24 heures. Il n'y a pas eu de cas de mortalité. Un écoulement nasal clair a persisté pendant une période allant jusqu'à 6 jours après l'exposition chez tous les lapins.

Irritation cutanée

Des zones cutanées intactes et érodées de six lapins blancs de Nouvelle-Zélande ont été exposées à 5 mL d'une solution aqueuse à 25 %. Une zone intacte et une zone érodée (lapins différents) ont été le siège d'un érythème léger. On a jugé que le produit technique n'était pas un irritant cutané.

Un test par contact répété réalisé chez des volontaires humains (de divers âges) et dans lequel on a appliqué du glyphosate technique dilué à 1/45 sur la peau (bras) des sujets trois fois par semaine jusqu'à concurrence de 15 applications, n'a pas permis d'observer de réactions caractéristiques d'un irritant primaire.

Sensibilisation cutanée

Un test d'hypersensibilité retardée par contact (Buehler) réalisé chez des cobayes Hartley n'a rien révélé qui puisse indiquer que le glyphosate pourrait provoquer une sensibilisation cutanée.

Dans le test par contact répété réalisé chez des volontaires humains dont il a été question plus haut, on a procédé à une application deux semaines après la 15e application, sans que l'on observe la moindre modification cutanée.

Irritation oculaire

Du glyphosate (0,1 mL d'une solution aqueuse à 25 %) a été administré par instillation dans un oeil chez 9 lapins. Trois des yeux traités ont été lavés à l'eau 20 secondes après le traitement. On a constaté que le produit technique était un irritant oculaire très léger (oeil non lavé). Le lavage à l'eau n'a pas amélioré les choses puisqu'on a observé une irritation modérée après lavage. Après 7 jours, le rétablissement était total dans tous les cas.

Dans une étude plus ancienne, on a appliqué du glyphosate technique sous forme de poudre finement moulue que l'on a ensuite lavée avec une solution saline légèrement chaude; on a observé une irritation très légère après une heure, et le rétablissement était total après 72 heures.

iii) Toxicité aiguë - Formulation Roundup[MD]; glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine

Toxicité par voie orale

Une étude par gavage chez le rat a révélé que la préparation de Roundup[MD] était virtuellement non toxique. On a établi que la $DL_{50}$ était de 5,4 g/kg p.c. (étendue de 4,6 à 6,2, intervalle de confiance de 95 %). La gravité de l'irritation gastro-intestinale a augmenté avec la dose.

Toxicité par voie cutanée

Des zones cutanées érodées de deux lapins blancs de Nouvelle-Zélande/sexe/dose ont été exposées pendant 24 heures à 5 g/kg p.c. Après 24 heures, on a constaté un érythème bien défini. Il n'y a pas eu de cas de mortalité. La $DL_{50}$ par voie cutanée a été supérieure à 5 g/kg p.c.; le composé n'était pas toxique.

Toxicité par inhalation

Onze groupes de 5 rats Sprague-Dawley (Crl:CD(SD)BR)/sexe/niveau de dose ont été exposés à la formulation pendant 4 heures. Les $CL_{50}$ (valeurs analytiques) ont été de 3,05 mg/L d'air (étendue de 2,78 à 3,89) pour les mâles, de 3,33 mg/L d'air pour les femelles et de 3,28 mg/L d'air (3,0 à 4,1) pour les deux sexes combinés. Des signes de toxicité ont été observés dans tous les groupes exposés. Une perte pondérale a été observée dans tous les groupes pendant une période de 2 à 3 jours après l'exposition, le gain pondéral redevenant normal le 7e jour.

Irritation cutanée

Des zones cutanées érodées et intactes de six lapins blancs de Nouvelle-Zélande ont été exposées à la formulation de Roundup[MD] à la concentration de 0,5 mL/zone pendant 24 heures. On a observé de l'érythème et de l'oedème après 24 heures, et ces manifestations s'étaient aggravées après 72 heures. Les réactions sur la peau érodée étaient légèrement plus prononcées que celles que l'on a observées sur la peau intacte. Le rétablissement a été variable (un lapin n'était pas encore rétabli après 14 jours). On a conclu que le produit était un irritant cutané modéré.

Sensibilisation cutanée

Un test d'hypersensibilité retardée par contact (Buehler) réalisé chez des cobayes Hartley n'a rien révélé qui puisse indiquer que le Roundup[MD] pourrait provoquer une sensibilisation cutanée.

Irritation oculaire

La formulation (non diluée ou diluée à la concentration d'utilisation sur le terrain) appliquée dans l'oeil chez des lapins s'est révélée faiblement irritante, avec ou sans lavage oculaire.

iv) Toxicité à court terme - Produit technique

Souris - voie orale

Quinze souris CD-1 COBS/sexe/dose ont été exposées par voie alimentaire à des concentrations de 0, 5 000, 10 000 ou 50 000 ppm de glyphosate pendant 3 mois. Dans cette étude pilote, l'examen histopathologique a été limité à 10 souris/sexe pour les doses de 0 et 50 000 ppm. Il n'y a pas eu de vérification portant sur les paramètres de chimie clinique, d'hématologie ou de l'analyse d'urine. Le niveau sans effet observé (NSEO) probable a été de 10 000 ppm (l'équivalent de 1 900 mg/kg p.c./jour).

Rat - voie orale

Quinze rats Charles River/sexe/niveau de dose ont été exposés par voie alimentaire à des concentrations de 0, 200, 600 ou 2 000 ppm de glyphosate pendant 13 semaines. On n'a pas observé d'effets nocifs en ce qui a trait au poids corporel, aux paramètres d'hématologie et de chimie clinique, au poids des organes (absolu et relatif) ou à l'examen histopathologique (d'après l'examen de 10 rats/sexe/niveau de dose à 0 et 2 000 ppm). Le NSEO semble être supérieur à 2 000 ppm (l'équivalent de 100 mg/kg p.c./jour).

Chien - voie orale

Quatre chiens beagle/sexe/niveau de dose ont été exposés par voie alimentaire à des concentrations de 0, 200, 600 ou 2 000 ppm de glyphosate pendant 90 jours. On n'a pas observé d'effets nocifs en ce qui a trait au poids corporel, aux paramètres d'hématologie, de chimie clinique et d'analyse d'urine, au poids des organes ou à l'examen anatomo-pathologique ou histopathologique. Le NSEO semble être supérieur à 2 000 ppm (l'équivalent de 50 mg/kg p.c./jour).

Six chiens beagle/sexe ont été exposés à du glyphosate contenu dans des capsules de gélatine à des niveaux de dose de 0, 20, 100 ou 500 mg/kg p.c./jour pendant un an. On n'a pas observé de cas de mortalité. Les manifestations cliniques de toxicité ont été comparables dans tous les groupes. Les paramètres ophtalmologiques n'ont pas été modifiés par le glyphosate. Il en a été de même pour le poids corporel, l'apport alimentaire, les paramètres hématologiques et l'analyse d'urine. Une dégénérescence des tubules rénaux, dont la signification biologique est discutable, a été observée dans tous les groupes exposés. Un niveau sans effet nocif observé (NSENO) prudent de 100 mg/kg p.c./jour a été établi en raison d'une augmentation de l'incidence de nodules lymphoïdes dans l'épididyme au niveau de dose le plus élevé.

Quatre chiens beagle/sexe (âgés d'environ 6 mois) ont été exposés par voie alimentaire à des concentrations de 0, 30, 100 ou 300 ppm de glyphosate pendant 2 ans. Cette étude a été réalisée par l'IBT. Il faut noter que bien que cette étude ait été déclarée valide, certaines questions demeurées sans réponses concernant la préparation de la ration alimentaire et l'absence de données détaillées concernant la chimie clinique, l'anatomo-pathologie et l'histopathologie font que l'étude a été jugée inadéquate.

Lapin - voie cutanée

Des zones cutanées intactes ou érodées de cinq lapins blancs de Nouvelle-Zélande/sexe ont été exposées à 0, 100, 1 000 ou 5 000 mg/kg p.c./jour 6 heures par jour, 5 fois par semaine, pendant 3 semaines. On n'a pas signalé d'effets nocifs en ce qui a trait aux caractéristiques suivantes : poids corporel, gain pondéral, hématologie, chimie clinique, consommation alimentaire ou poids absolu et relatif des organes. On n'a pas observé de modifications anatomo-pathologiques ou histologiques liées au composé. Une légère irritation cutanée a été notée à 5 000 mg/kg p.c./jour. On a déterminé que le NSEO pour la toxicité généralisée était supérieur à 5 000 mg/kg p.c./jour.

v) Toxicité à court terme - Roundup$^{MD}$; glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine

Lapin - voie cutanée

Des zones cutanées intactes ou érodées de dix lapins blancs de Nouvelle-Zélande/sexe ont été exposées à des niveaux de dose de 0, 76 et 114 mg de Roundup$^{MD}$/kg p.c./jour 6 heures par jour, 5 fois par semaine, pendant 3 semaines. La moitié des animaux ont été sacrifiés le 21e jour et le reste a fait l'objet d'une observation qui a duré 28 jours de plus. Un épaississement cutané et un érythème de gravité variant de légère à modérée ont été observés dans tous les groupes exposés au cours des semaines 2 et 3, ces réactions étant

légèrement plus marquées dans le cas de la peau érodée. Un rétablissement complet s'est produit dans un délai de 4 semaines après la fin de l'exposition. On a observé, le 21e jour seulement, une augmentation statistiquement significative du poids des testicules dans le groupe dont la peau intacte a été exposée à 114 mg/kg p.c./jour. L'examen histopathologique de ces testicules a révélé qu'à cet égard les sujets traités étaient comparables aux témoins. Le NSEO probable pour la toxicité généralisée est supérieur à 114 mg/kg p.c./jour.

Rat - inhalation

Des rats Sprague Dawley mâles et femelles ont été exposés 6 heures par jour à 0, 0,05, 0,16 ou 0,36 mg/L, 5 jours par semaine, pendant 4 semaines. On n'a pas observé de signes de toxicité au cours de l'exposition. On n'a pas observé non plus de cas de mortalité ni de manifestations cliniques pendant ou après l'administration du produit. Les constatations faites au cours de la nécropsie et de l'examen histopathologique n'ont révélé aucune différence liée au traitement entre les témoins et les sujets traités. On a déterminé que le NSEO était supérieur à 0,36 mg/L.

vi) Toxicité à long terme - Produit technique

Souris - voie orale

Cinquante souris Charles River, CD-1 COBS/sexe/niveau de dose ont été exposées par voie alimentaire à des concentrations de 0, 1 000, 5 000 ou 30 000 ppm de glyphosate pendant 2 ans. On n'a pas observé de signes de toxicité ou d'effets en ce qui a trait à la mortalité, à la consommation d'eau et d'aliments, au poids des organes ou à l'examen anatomo-pathologique. Le poids corporel a été réduit chez les deux sexes à 30 000 ppm et la numération des leucocytes a été réduite de manière statistiquement significative chez les mâles à 12 mois seulement. L'examen histopathologique a indiqué une légère augmentation de l'incidence de la nécrose

hépatique chez les mâles à 30 000 ppm. Rien n'a indiqué que le produit était tumorigène. On a établi un NSEO de 5 000 ppm (l'équivalent de 714 mg/kg p.c./jour).

Rat - voie orale

Cinquante rats Sprague-Dawley CD Charles River/sexe/niveau de dose ont été exposés par voie alimentaire à des concentrations de glyphosate de 0, 3,0, 10,3 ou 31,5 mg/kg p.c./jour, dans le cas des mâles, et de 0, 3,4, 11,2 ou 34 mg/kg p.c./jour, dans le cas des femelles, pendant 26 mois. On n'a pas observé d'effets ayant une importance biologique en ce qui a trait à la mortalité, aux manifestations cliniques, à l'hématologie, à la chimie clinique, à l'analyse d'urine, à la consommation d'eau et d'aliments, au poids absolu ou relatif des organes ou à l'histopathologie. L'incidence des tumeurs interstitielles du testicule n'était pas liée à la dose et il est peu probable qu'elle soit liée au traitement. On a observé une incidence accrue de carcinomes à cellules C de la thyroïde chez les femelles (2,1, 0, 4, et 12,8 % chez les témoins, et chez les groupes exposés à la dose faible, intermédiaire et élevée, respectivement). Trois anatomo-pathologistes indépendants choisis par la Direction générale de la protection de la santé (DGPS), dont un de la DGPS et deux de l'extérieur, ont écarté la possibilité d'un lien entre le traitement et l'apparition des tumeurs à cellules C de la thyroïde.

Une étude répétée de toxicité chronique-cancérogénicité d'une durée de deux ans a été réalisée chez des rats Sprague Dawley exposés par voie alimentaire à des concentrations nominales de 0, 2 000, 8 000 ou 20 000 ppm pour lever l'incertitude entourant le pouvoir tumorigène du glyphosate. Cette étude n'a indiqué aucune activité tumorigène liée à l'exposition au glyphosate, confirmant ainsi l'avis des anatomo-pathologistes indépendants selon lesquels le glyphosate n'est pas cancérogène. Un NSENO de 8 000 ppm (l'équivalent de

362 mg/kg p.c./jour) a été établi pour la toxicité chronique, en raison d'une très légère irritation de l'estomac chez les femelles à ce niveau de dose. À 20 000 ppm, on a observé une réduction du poids corporel et du gain pondéral chez les femelles, une diminution du pH urinaire et une augmentation de l'incidence des cataractes et des effets testiculaires (typiquement chez les rats vieillissants) chez les mâles, ainsi qu'un augmentation de l'incidence de l'irritation de l'estomac chez les deux sexes.

vii) Tératogénicité - Produit technique

Rat

Quatre groupes de 25 rates accouplées Charles River COBS CD/niveau de dose (0, 300, 1 000 ou 3 500 mg/kg p.c./jour) ont été exposés par gavage au cours des jours 6 à 19 de la gestation (jour 0 - bouchon vaginal ou détection de spermatozoïdes). Les animaux ont été sacrifiés le 20e jour de la gestation. Six femelles sont mortes à la dose de 3 500 mg/kg p.c./jour. On a constaté à cette même dose une réduction du poids corporel des mères et des petits, une agénésie rénale et urétérale chez 3 petits (2 portées) et une légère augmentation du nombre de variants squelettiques. On a établi le NSEO à 1 000 mg/kg p.c./jour, d'après l'observation de malformations foetales (légères) et l'observation d'une foetotoxicité à la dose toxique pour la mère de 3 500 mg/kg p.c./jour.

Lapin

Quatre groupes de 16 lapines Dutch Belted inséminées artificiellement ont été exposés par gavage à des doses de 0, 75, 175 ou 350 mg/kg p.c./jour au cours des jours 7 à 27 de la gestation. Le nombre de cas de mortalité enregistré chez les mères a été de 0, 1, 2 et 10, respectivement. On a observé des signes cliniques de toxicité et une réduction passagère du poids corporel chez les mères à 175 et 350 mg/kg p.c./jour au cours de la période d'exposition. Les malformations observées dans chacun des groupes traités n'étaient pas liées à la dose et leur nombre n'excédait pas les valeurs citées pour les témoins historiques. L'incidence accrue des variations squelettiques n'a été observée qu'au niveau de dose supérieur. Un NSEO de 75 mg/kg p.c./jour a été établi en fonction de la toxicité maternelle observée à 175 et 350 mg/kg p.c./jour et de la foetotoxicité observée à 350 mg/kg p.c./jour. Dans cette étude, le glyphosate ne s'est pas révélé tératogène.

viii) Toxicité pour la reproduction - Produit technique

Une étude portant sur plusieurs générations de rats réalisée par l'IBT a été déclarée non valide en raison de l'absence de données sur la préparation de la ration alimentaire et de la substitution des animaux au cours des 10 premières semaines de l'étude.

Trois générations (deux portées par génération) de rats Charles River Sprague-Dawley CD ont été exposées par voie alimentaire à des concentrations de glyphosate correspondant à un apport de 0, 3, 10 ou 30 mg/kg p.c./jour. On n'a pas observé d'effets biologiquement importants chez les parents en ce qui a trait à la mortalité, aux manifestations cliniques, au poids corporel, au rapport du poids des organes au poids corporel ou à la consommation alimentaire. L'examen histopathologique initial a été limité aux groupes exposés aux doses de 0 et 30 mg/kg

p.c./jour. On a constaté une dilatation accrue des tubules rénaux chez les petits de la génération $F_3b$ exposés à la dose élevée, mais la signification toxicologique de cette constatation est incertaine. Des données histopathologiques additionnelles pour les niveaux de dose intermédiaires ont indiqué un NSEO possible de 10 mg/kg p.c./jour.

Dans une étude répétée sur deux générations (une portée au cours de la première génération et 2 portées au cours de la seconde), des rats Charles River SD CD ont été exposés par voie alimentaire à du glyphosate à des niveaux de dose de 0, 2 000, 10 000 et 30 000 ppm (les équivalents de 0, 100, 500 et 1 500 mg/kg p.c./jour). Un NSEO de 100 mg/kg p.c./jour a été établi en fonction de manifestations cliniques de toxicité, d'une diminution du poids des adultes et des petits à 1 500 mg/kg p.c./jour dans les deux générations et d'une réduction du poids maternel chez les femelles $F_1$ et les petits $F_{2a}$ à 500 mg/kg p.c./jour. En l'absence d'une atteinte rénale liée au traitement et décelable à l'examen histopathologique, il serait approprié de choisir le NSEO global de 100 mg/kg p.c./jour pour les effets sur la reproduction dérivée de la présente étude plutôt que le NSEO de l'étude précédente.

ix) Absorption, distribution, excrétion et métabolisme - Produit technique

Voie orale - dose unique

Du glyphosate dont la fraction glycine a été marquée au $^{14}C$ a été administré à des rats Wistar EOPS (4 femelles et 8 mâles) par gavage sous forme de solution aqueuse à la dose de 6,7 mg/kg p.c. Chez les mâles, on a retrouvé dans l'urine et les matières fécales respectivement 14 % et 81 % de la dose administrée et ce, dans les 48 heures qui ont suivi l'administration. La rétention dans les tissus après 120 heures a été de 0,65 %, tandis que 0,5 % de la dose a été excrété dans l'air expiré. Chez les femelles, 35-40 % de la dose ont été excrétés dans l'urine après 48 heures, 1 % a été retrouvé dans les tissus après 120 heures et 0,7 % a été excrété dans le $CO_2$ expiré.

Sept lapins blancs de Nouvelle-Zélande (mâles) exposés par voie orale à des doses variant de 5,7 à 8,8 mg/kg p.c. (selon l'endroit du marquage au $^{14}C$) ont excrété 90 % de la dose administrée en 5 jours, dont 80 % par l'intermédiaire des matières fécales et 7-10 % dans l'urine. Moins de 1 % a été excrété dans le $CO_2$ expiré. Les concentrations de résidus dans les tissus ont été les plus élevées dans les intestins (2,5 %), les muscles (0,01-0,8 %) et le foie (0,04-0,18 %).

Voie intrapéritonéale (i.p.) - dose unique

Neuf rats mâles à qui l'on a administré par voie i.p. des doses variant entre 2,3 et 3,6 mg/kg p.c. ont excrété 74-78 % de la dose dans leur urine en l'espace de 12 heures, 6-14 % dans les matières fécales et 0,8 % dans l'air expiré. La rétention dans les tissus après 120 heures a été d'environ 1 %.

Voie alimentaire

Quatre groupes de rats ont été exposés par voie alimentaire à des concentrations de glyphosate de 0 (12/sexe), 1, 10 ou 100 ppm (16/sexe) pendant 14 jours; une période de sevrage de 10 jours a suivi. On a procédé à des sacrifices (2 rats/sexe) les jours 2, 6, 10 et 14 de la période d'exposition ainsi que 1, 2, 6 et 10 jours après la fin de l'exposition pour permettre une analyse des tissus. L'équilibre dans les tissus a été atteint en 10 jours. L'excrétion a été égale à l'apport après 6 jours.

Identification des métabolites

Après l'administration d'une dose unique de glyphosate par voie orale ou i.p. ou de doses multiples par voie orale à des rats, le principal composé radioactif excrété est resté le glyphosate inchangé.

Absorption cutanée

Dans une étude *in vivo* par absorption cutanée réalisée chez des singes rhésus, on n'a récupéré que 16 % de la dose appliquée, ce qui fait que l'on ignore ce qui est advenu d'un fort pourcentage de la dose. Cette étude n'a pu être utilisée pour estimer le pourcentage d'absorption cutanée.

Dans une publication récente, Wester *et al.* (1991) ont traité d'une étude *in vivo* sur l'absorption percutanée de Roundup$^{MD}$ contenant du glyphosate marqué au $^{14}C$ et administré par application abdominale à des singes. L'étude montre que le glyphosate a fait l'objet d'un absorption médiocre, soit respectivement environ 5,5 % et 3,7 % (valeurs corrigées en fonction d'un rétablissement de 75 %) dans le cas des doses faibles et élevées (25 et 270 $\mu g/cm^2$).

Dans une étude *in vitro* sur l'absorption cutanée au cours de laquelle on a mesuré la pénétration de trois formes du glyphosate (MON 0139, Roundup$^{MD}$ et Roundup$^{MD}$ en solution de pulvérisation) dans de la peau abdominale humaine fraîche (non

congelée), on a constaté que l'absorption du glyphosate était médiocre. La dose absorbée totale a été de 0,028, 0,063 et 0,152 % pour le MON 0139, le Roundup[MD] et la solution de pulvérisation de Roundup[MD], respectivement. Les données obtenues à l'aide du modèle *in vitro* pour l'absorption cutanée ne sont pas utilisées de manière systématique pour mesurer la dose systémique du fait que le modèle n'a pas encore été validé.

Mutagénicité - Produit technique

Au cours d'un test de létalité dominante, des souris mâles CD-1 ont été exposées à des doses uniques par voie orale de 0, 200, 800 ou 2 000 mg/kg p.c. Un groupe de témoins positifs a été exposé à 240 mg/kg p.c. de Cytoxan, par voie i.p. Chacun des mâles traités a été apparié à deux femelles par semaine pendant 8 semaines. On n'a pas décelé de traces d'activité mutagène d'après le nombre d'embryons vivants par portée, le nombre d'implantations par portée, le nombre de résorptions précoces ou tardives par portée, le nombre de corps jaunes par femelle, le taux de conception ou les pertes après implantation, sauf chez les témoins positifs (augmentation des pertes après implantation par portée).

Aucun indice d'activité mutagène n'a été observé dans trois études réalisées chez des mammifères (test de mutation génique CHO/HGPRT, test *in vivo* de cytogénétique sur moelle osseuse de rat Sprague-Dawley et test sur hépatocytes primaires de rat pour la synthèse non programmée d'ADN) ni dans trois tests bactériens (deux tests de mutation réverse chez les *Salmonella typhimurium* et un test de recombinaison chez les *Bacillus subtilis*).

x) Génotoxicité - Formulation de Roundup[MD]; glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine

Dans une étude publiée (Vigusson, N.V. et Vyse, E.R., 1980), on a exploré la génotoxicité de la formulation de Roundup[MD] à l'aide d'une lignée lymphocytaire humaine (échange de chromatides soeurs). On a constaté qu'à des doses variant de 0,25 à 25 mg/mL, le Roundup[MD] était faiblement génotoxique.

xi) Neurotoxicité - Produit technique

Deux groupes de dix poules âgées de 9 mois ont été exposés à du glyphosate par voie orale deux fois par jour, pendant 3 jours consécutifs, ce régime d'exposition étant répété à partir du jour 21 de l'étude. Le sacrifice a eu lieu le jour 42. On a utilisé le TOCP comme témoin positif. On n'a pas constaté de manifestations cliniques de toxicité ni de lésions histopathologiques du tissu nerveux chez les poules traitées avec du glyphosate. Le TOCP a provoqué les modifications prévues.

xii) AMPA (CP 50435) - (métabolite du sol)

Toxicité aiguë

Toxicité par voie orale

Des doses uniques sous forme de solution à 40 % administrées à des rats (souches non précisées) à des concentrations de 5 010, 6 310, 7 940 ou 10 000 mg/kg p.c. ont indiqué une $DL_{50}$ de 8 300 mg/kg p.c.

Irritation cutanée

L'AMPA s'est révélé non irritant après application sur de la peau intacte chez trois lapins (deux mâles et une femelle) pendant 24 heures.

Irritation oculaire

Dans une étude chez le lapin, l'application d'AMPA sous forme de poudre finement moulue, suivie d'un lavage avec une solution saline légèrement chaude, a

causé une légère irritation après une heure, mais l'irritation avait complètement disparu après 120 heures.

xiii) Toxicité à court terme

Rat - voie orale

Quatre groupes de 20 rats Charles River CD/sexe/niveau de dose ont été exposés par voie alimentaire de manière à obtenir des concentrations de 0, 400, 1 200 et 4 800 mg/kg p.c./jour pendant 12-13 semaines. Des échantillons de sang ont été obtenus de rats à jeun. Le gain pondéral a diminué chez les mâles exposés à la dose de 4 800 mg/kg p.c./jour. Les paramètres hématologiques n'ont pas été modifiés. On a observé une augmentation statistiquement significative et liée à la dose de l'activité de la DLH (déshydrogénase lactique) chez les mâles exposés aux doses de 1 200 et de 4 800 mg/kg p.c./jour. Chez les femelles, on a observé une augmentation statistiquement significative des valeurs relatives à la DLH à tous les niveaux de dose, si l'on compare avec les valeurs enregistrées chez les témoins de l'étude, mais elles se situent dans l'étendue normale à 400 et 1 200 mg/kg p.c./jour si la comparaison se fait avec les témoins historiques. Le pH urinaire a diminué chez les deux sexes à 4 800 mg/kg p.c./jour. L'examen histopathologique a révélé une augmentation liée à la dose de l'incidence de l'hyperplasie de la muqueuse de la vessie chez les deux sexes à 1 200 et 4 800 mg/kg p.c./jour et une faible incidence de l'hyperplasie des cellules épithéliales du bassinet du rein à 4 800 mg/kg p.c./jour. On a observé une diminution du poids absolu du foie chez tous les mâles traités, mais le poids relatif n'a diminué que chez les rats exposés à 4 800 mg/kg p.c./jour. On a estimé que le NSEO était de 400 mg/kg p.c./jour.

Absorption, distribution, excrétion et métabolisme

Après l'absorption par gavage d'une dose unique (6,7 mg/kg p.c.) d'AMPA radiomarqué, les rats mâles ont excrété

94 % de la dose sous forme inchangée après 120 heures, dont 74 % dans les matières fécales et 20 % dans l'urine. Moins de 0,1 % de la dose a été excrété dans l'air expiré et moins de 0,06 % a été retenu dans les tissus.

xiv) NNG, sel sodique

Toxicité aiguë

Toxicité par voie orale

Des doses uniques d'une solution à 20 % administrées à trois rats Sprague-Dawley à des concentrations de 6, 320, 7 960 ou 10 020 mg/kg p.c. ont permis d'établir une $DL_{50}$ de 7 600 mg/kg p.c.

xv) Toxicité à court terme

Souris - voie orale

Des groupes de 15 souris/sexe/niveau de dose (souches non précisées) ont été exposés par intubation à des doses de 0, 50, 150 ou 500 mg de NNG sodique/kg p.c./jour pendant 90 jours. Chez les femelles, le poids de la rate a augmenté à la dose de 500 mg/kg p.c./jour. L'examen histopathologique a révélé chez les animaux exposés à la dose de 500 mg/kg p.c./jour des infiltrats de cellules inflammatoires dans le foie, les reins, les poumons, les glandes salivaires et l'utérus ainsi qu'une accumulation lymphocytaire péribronchique et une fibroplasie de la muqueuse utérine (endomètre). Le NSEO a été de 150 mg/kg p.c./jour.

Rat - voie orale

Cinq rats Sprague-Dawley à peine sevrés/sexe/niveau de dose ont été exposés par intubation à 0, 100, 300 ou 1 000 mg/kg p.c./jour pendant 14 jours. On n'a pas observé d'effets liés au traitement.

Des groupes de 25 rats/sexe/niveau de dose ont été exposés par intubation à 0, 200, 600 ou 2 000 mg de NNG sodique/kg p.c./jour pendant 90 jours. On n'a pas observé d'effets liés au traitement en ce

qui a trait à la mortalité, aux manifestations cliniques, au gain pondéral, aux paramètres hématologiques, de chimie clinique et d'analyse d'urine, au poids des organes et à l'examen anatomo-pathologique ou histopathologique. Le NSEO a été de 2 000 mg/kg p.c./jour.

Trois groupes de 30 rats Sprague Dawley/sexe/niveau de dose ont été exposés par intubation à 0 (témoin du véhicule), 3 000 ou 6 000 mg/kg p.c. pendant 91 jours. L'examen histopathologique a été limité aux groupes exposés aux doses de 0 et 6 000 mg/kg p.c./jour sauf pour ce qui est du foie, des reins et du coeur. On a observé une augmentation liée à la dose de la mortalité (8, 11, 20 et 6, 9, 21 cas de mortalité chez les mâles et les femelles à 0, 3 000 et 6 000 mg/kg p.c./jour, respectivement), de l'incidence de la diarrhée et de la présence de sang autour du nez et de la bouche. L'apport alimentaire a été réduit aux deux niveaux de dose. Le gain pondéral chez les mâles a été réduit aux doses de 3 000 et 6 000 mg/kg p.c./jour. L'examen hématologique, les analyses de chimie clinique, l'analyse d'urine et les examens anatomo-pathologiques et histopathologiques n'ont révélé aucune modification biologique importante. Un augmentation statistiquement significative du poids relatif des testicules a été observée à 3 000 et 6 000 mg/kg p.c./jour, mais comme le rapport poids du cerveau/poids corporel et le poids corporel absolu ont été réduits, l'importante réduction de poids peut expliquer ces constatations. On n'a pas établi de NSEO.

xvi) Toxicité à long terme

Hamster - voie orale

Quatre groupes de 70 hamsters syriens/sexe/niveau de dose ont été exposés à des doses de 0, 3, 10 ou 30 mg/kg p.c./jour pendant 390 à 392 jours. Les animaux morts avant 2 mois ont été remplacés et on a ajouté 5 animaux/sexe/niveau de dose après 2 mois. La mortalité a été élevée chez les mâles après 12 mois, mais elle était

comparable dans les différents groupes. Des sacrifices de 10 animaux/sexe/niveau de dose ont été réalisés à 6 et 12 mois. On n'a pas constaté d'effets biologiques importants du point de vue de la toxicité, de l'ophtalmologie, de l'apport alimentaire, de l'hématologie ou de l'analyse d'urine. Le taux de glucose sanguin à jeun chez les femelles a diminué après 17 mois dans le groupe exposé à la dose de 30 mg/kg p.c./jour. Le poids relatif des reins par rapport au poids corporel a augmenté chez les mâles à 10 mg/kg p.c./jour et chez les femelles à 30 mg/kg p.c./jour après 12 mois. Une augmentation semblable, mais statistiquement non significative, a été observée à 6 mois et à la fin de l'étude. L'examen histopathologique (limité à 10 hamsters/sexe/niveau de dose pour les groupes exposés à 0 et 30 mg/kg p.c./jour après 6 et 12 mois) a indiqué une fréquence accrue d'hémorragies surrénaliennes bilatérales chez les femelles (3/9 chez les témoins comparativement à 6/10), une augmentation de l'incidence de l'amylose splénique (2/10 chez les témoins comparativement à 8/10). Une hyalinisation des tiges mésangiales (glomérule rénal) a également été observée avec une fréquence plus élevée chez les femelles (4/10 chez les témoins comparativement à 9/10). L'absence de manifestations histopathologiques aux niveaux de dose faible et intermédiaire n'a pas permis d'établir un NSEO; toutefois, le produit ne s'est pas révélé oncogène à la dose la plus élevée testée (30 mg/kg p.c./jour).

xvii) Tératogénicité

Lapin

Il s'agit ici d'une étude réalisée par l'IBT qui a initialement été jugée inadéquate et qui, après réexamen, a été jugée utilisable à titre de «données supplémentaires». On l'avait initialement jugée inadéquate parce que rien n'indiquait que l'on avait procédé à un examen interne des jeunes lapins. Les données pertinentes sont les suivantes : trois groupes de 17 lapins blancs de

Nouvelle-Zélande inséminés artificiellement ont été exposés par absorption de capsules à des doses de 0 (témoin du véhicule), 10 ou 30 mg/kg p.c./jour au cours des jours 6 à 18 de la gestation. Trois femelles sont mortes à la dose de 30 mg/kg p.c./jour, le rapport original attribuant la mort à une infection respiratoire. De nouvelle données indiquent que la toxicité du produit testé peut également avoir joué un rôle (réduction de l'apport alimentaire). L'incidence des résorptions a augmenté et la survie 24 heures après la naissance était légèrement plus faible à la dose de 30 mg/kg p.c./jour.

Absorption, distribution, excrétion et métabolisme

Des doses uniques (1 mg/rat) et multiples (5,93 mg/rat/jour pendant 5 jours) ont donné lieu à une excrétion rapide, en l'espace de 24 heures (environ 90 %). Dans le cas des doses uniques, environ 80 % de la dose ont été excrétés par voie urinaire chez les mâles, comparativement à 75 % chez les femelles. L'élimination dans les matières fécales a été de 10 % chez les femelles comparativement à 3 % chez les mâles. Dans le cas des doses multiples, l'excrétion urinaire a été de 43-61 % chez les mâles comparativement à 39-60 % chez les femelles. L'élimination dans les matières fécales a été de 25-43 % chez les mâles et de 14-40 % chez les femelles. Cinq jours après la fin de l'exposition, les résidus non excrétés (0,02-0,2 % de la dose) étaient principalement constitués de NNG inchangé.

xviii) Mutagénicité

Un test d'Ames réalisé sur les souches TA 1535, 1537, 1538, 98 et 100 de *Salmonella typhimurium* exposées à des niveaux de dose de 0,2, 2, 20 ou 100 µg/milieu de culture, a donnée des résultats négatifs.

xix) Sommaire toxicologique

Glyphosate technique et Roundup[MD]/Vision[MD]

Dans des études de toxicité aiguë, le glyphosate technique et la formulation de Roundup[MD]/Vision[MD] se sont révélés virtuellement non toxiques par suite d'une exposition par voie orale, cutanée, intrapéritonéale et respiratoire. Le produit technique n'est pas un irritant cutané, tandis que la formulation s'est révélée un irritant cutané modéré. On a constaté que le produit technique et la formulation sont très faiblement irritants pour les yeux.

L'administration répétée à court terme de glyphosate technique par voie alimentaire à un niveau de dose élevé a entraîné principalement une réduction du poids corporel chez la souris, aucun effet chez le rat, et une augmentation de l'incidence de nodules lymphoïdes dans l'épididyme chez le chien. On a jugé que le chien était l'espèce la plus sensible testée. Le NSENO a été de 100 mg/kg p.c./jour à la suite d'une étude d'un an réalisée par voie alimentaire chez le chien.

Dans les études sur l'exposition cutanée à court terme chez le lapin, on a observé que le NSEO du glyphosate technique était supérieur à 5 000 mg/kg p.c./jour; dans le cas du Roundup[MD], on a observé que le NSENO pour la toxicité généralisée était supérieur à 114 mg/kg p.c./jour (la dose la plus élevée testée). Une irritation cutanée a été observée dans tous les groupes exposés, mais elle a disparu avant la fin de l'étude.

Dans une étude realisée par voie inhalation à court terme chez le rat, le NSEO était supérieur à 0,36 mg/L, la dose la plus haute testée.

L'étude à long terme réalisée par voie alimentaire chez la souris a indiqué une réduction du poids corporel et une réduction passagère du nombre de leucocytes; on n'a décelé aucun signe d'induction tumorale. Le NSEO a été de 714 mg/kg p.c./jour.

L'étude répétée à long terme réalisée par voie alimentaire chez le rat n'a révélé aucun indice d'induction tumorale à 20 000 ppm. On a conclu que le NSENO était de 362 mg/kg p.c./jour (8 000 ppm) en raison de modifications très légères de la muqueuse gastrique observées chez les femelles à ce niveau de dose. À 20 000 ppm, on a constaté une diminution du gain pondéral chez les femelles, tandis que chez les mâles, on a observé une diminution du pH urinaire et une augmentation de l'incidence des cataractes et des effets testiculaires (typiques chez les rats vieillissants); on a également constaté une augmentation de l'incidence des modifications de la muqueuse gastrique (attribuable à l'irritation) chez les deux sexes.

Chez le rat, le NSEO du glyphosate a été de 1 000 mg/kg p.c./jour du fait que l'on a observé des manifestations de toxicité maternelle et de foetotoxicité ainsi que des effets tératogènes; la dose suivante la plus élevée était de 3 500 mg/kg p.c./jour. Chez le lapin, on a conclu que le NSEO était de 75 mg/kg p.c./jour en raison de la toxicité maternelle observée aux niveaux de dose intermédiaire et élevé (175 et 350 mg/kg p.c./jour) et des effets foetotoxiques observés à 350 mg/kg p.c./jour.

Dans une étude répétée sur la reproduction effectuée chez le rat, le NSEO a été établi à 100 mg/kg p.c./jour d'après des manifestations cliniques de toxicité et une diminution du poids corporel des parents et des petits à la dose suivante la plus élevée (500 mg/kg p.c./jour). On n'a pas décelé de traces d'effets nocifs sur la reproduction à la dose la plus élevée testée, soit 1 500 mg/kg p.c./jour. Le glyphosate s'est révélé négatif d'après un test de létalité dominante réalisé avec la concentration de 2 000 mg/kg p.c./jour, c.-à-d. la dose la plus élevée testée.

Une batterie de tests de mutagénicité n'a révélé aucun signe de pouvoir mutagène dans le cas du glyphosate. Le Roundup$^{MD}$ s'est révélé faiblement génotoxique dans un test unique fondé sur l'échange de chromatides soeurs.

AMPA et NNG

L'AMPA et le NNG ne se sont pas révélés toxiques par suite d'une exposition aiguë par voie orale, la seule voie d'administration testée.

Dans le cas de toxicité à court terme du NNG, la souris a constitué l'espèce la plus sensible étudiée; un NSEO de 150 mg/kg p.c./jour a été fixé en raison de certaines modifications touchant le poids de la rate et de certaines constatations histopathologiques. Dans le cas de l'AMPA, un NSEO de 400 mg/kg p.c./jour a été établi.

Dans une étude à long terme chez le hamster, on n'a pu établir un NSEO pour le NNG en raison des limites de l'étude; le composé ne s'est pas révélé oncogène à la dose la plus élevée testée, soit 30 mg/kg p.c./jour.

Le NNG ne s'est pas révélé mutagène dans un test d'Ames unique réalisé chez les *S. typhimurium*.

Les bases de données pour le métabolite du sol AMPA et le contaminant NNG sont incomplètes, mais on dispose de suffisamment de données sur l'exposition aiguë ou à court terme pour savoir que ces composés ne sont pas plus toxiques que le glyphosate sous forme d'acide. La contamination du produit Roundup[MD]/Vision[MD] par le NNG n'est pas décelable.

9.4 Exposition par voie alimentaire

a) Dose journalière admissible (DJA)

On a estimé la DJA à 0,75 mg/kg p.c./jour en utilisant le plus faible NSEO (75 mg/kg p.c./jour) observé pour la toxicité maternelle dans l'étude de tératogénicité réalisée chez le lapin et en appliquant un facteur de sécurité de 100. Dans l'étude en question, le glyphosate n'a pas manifesté de pouvoir tératogène.

b) Exposition aux résidus dans les aliments

i) Étiquette

Pour la lutte contre le chiendent et pour la dessiccation des cultures : appliquer le Roundup[MD] avant la récolte en une seule application à une dose équivalant à 0,89 kg de glyphosate (sous forme d'acide) par hectare à une période de la saison où la teneur en humidité des grains est inférieure ou égale à 30 % (14 jours avant la récolte).

c) Métabolisme chez les plantes

Le métabolisme du glyphosate chez les plantes a été étudié de façon très poussée dans le cas de diverses cultures, comme le soja, le blé, l'orge, le pois, les plantes fourragères et quelques légumes et arbres fruitiers. Lorsque le glyphosate est appliqué sur les feuilles des plantes à différents stades de croissance, y compris les plantes fourragères, 7 à 14 jours avant la date normale de la récolte, on constate que le composé est très peu métabolisé par les plantes traitées et qu'il s'avère le principal, sinon le seul, constituant des résidus terminaux.

L'AMPA a été reconnu comme un métabolite du sol du glyphosate formé par suite de l'activité microbienne. Dans les conditions rencontrées sur le terrain, l'AMPA présent dans le sol peut être absorbé en très petite quantité par les plantes. Les données sur les résidus indiquent que l'AMPA peut constituer environ 1-2 % des résidus totaux de glyphosate retrouvés dans les cultures par suite de l'utilisation proposée avant récolte. Cependant, là où l'on a recours à des applications multiples, comme dans le cas de l'utilisation proposée sur le soja aux États-Unis, jusqu'à 40 % des résidus terminaux totaux dans les grains de soja ont été identifiés comme étant de l'AMPA. On peut obtenir des concentrations élevées de résidus d'AMPA dans les conditions suivantes :

i) accumulation dans le sol et migration dans les plantes cultivées;

ii) activité microbienne à la surface des feuilles avant l'absorption dans les plantes;

iii) activité métabolique de la plante.

d) Méthodes d'analyse

Il existe des méthodes d'analyse pour la détermination des résidus du composé d'origine et de son métabolite AMPA dans les cultures, dans les produits transformés (comme la farine, la bière, l'huile, etc.), dans les produits d'origine animale, dans l'eau et dans le sol.

e) Résidus

i) Résidus dans les cultures

Les données sur les résidus obtenues à l'aide des méthodes d'analyse indiquent que lorsque les cultures sont traitées conformément au mode d'emploi qui devrait figurer sur l'étiquette - application unique à la dose de 0,89 kg (sous forme d'acide)/ha 7 à 14 jours avant la récolte -les limites maximales de résidus (LMR) suivantes peuvent être nécessaires :

| | |
|---|---|
| Blé[3] | 5 ppm |
| Orge | 10 ppm |
| Blé et orge, produits de mouture, sauf farine | 15 ppm |
| Soja | 6 ppm |
| Huile de soja | <0,1 ppm[4] |
| Pois | 5 ppm |
| Lentilles | 4 ppm |
| Colza (canola) | ---[5] |
| Huile de colza (canola) | <0,1 ppm[6] |
| Lin[7] | 1 ppm |

Nota : Des niveaux de résidus comme ceux indiqués ci-dessus ne sont pas considérés dangereux pour la santé des consommateurs.

Les données sur les résidus présentées à l'appui de l'utilisation proposée pour le haricot et la moutarde sont insuffisantes.

---

[3]Incluant la farine.

[4]Cette concentration ne sera pas énumérée, mais elle peut être couverte par la LMR de 6 ppm proposée pour le soja.

[5]Il n'est pas nécessaire de fixer une LMR pour le colza, car la graine entière n'est pas consommée comme telle en grande quantité comme aliment; une concentration de résidus allant jusqu'à 5 ppm dans la graine entière peut résulter de l'utilisation proposée.

[6]Cette concentration sera couverte par le règlement général B.15.002(1).

[7]Incluant l'huile de lin.

On n'a pas fourni de données à l'appui d'une utilisation du glyphosate par applications multiples sur une culture au cours d'une même année, c.-à-d. traitement de présemis plus traitement de prérécolte, etc.

D'après les données connues sur les résidus, on a décelé, à l'occasion, des concentrations faibles d'AMPA (jusqu'à 1 %-2 % des résidus terminaux de glyphosate) dans les cultures traitées. Ces résidus d'AMPA ne devraient pas constituer une source de préoccupation puisque dans la section sur la toxicologie, on indique que l'AMPA n'est pas plus toxique que le glyphosate sous forme d'acide. Il est possible que les résidus d'AMPA excèdent la concentration de 0,1 ppm dans les cultures traitées et, par conséquent, les LMR établies pour le glyphosate devraient comprendre les résidus du métabolite AMPA.

ii) Résidus chez les animaux

Les utilisations proposées peuvent entraîner des concentrations de résidus de l'ordre de 5 à 15 ppm dans les grains de céréales et d'oléagineux, ainsi que dans les fractions et les farines de grain. On ne croit pas que le fait d'alimenter le bétail avec ces produits entraînera la présence de concentrations importantes de résidus (<0,05 ppm) dans la viande, le lait et le gras de la viande.

Toutefois, il semble que les utilisations proposées dans le cas des cultures fourragères pourraient entraîner la présence de concentrations de résidus allant jusqu'à 50 ppm, ce qui pourrait se traduire par des concentrations élevées de résidus dans les reins des animaux. Bien que des LMR puissent être nécessaires pour réglementer la concentration de résidus dans les sous-produits de la viande (reins) provenant de l'utilisation du glyphosate sur les cultures fourragères, on n'a pas fourni de données canadiennes suffisantes sur les résidus pour permettre l'évaluation de la question. Par conséquent, l'utilisation proposée du glyphosate sur les cultures fourragères ne

peut faire l'objet d'une évaluation pour l'instant.

f) Évaluation du risque lié aux aliments

On estime que la dose journalière théorique (DJT) maximale de résidus en provenance des toutes les utilisations actuellement homologuées (qui sont à l'origine d'une concentration de résidus inférieure à 0,1 ppm), et des utilisations avant récolte proposées, en supposant une concentration maximale de résidus dans tous les cas, ne dépasserait pas 0,0224 mg/kg p.c./jour, si l'on inclut l'apport provenant de la bière consommée par la population adulte totale, et 0,0232 mg/kg p.c./jour, si l'on inclut l'apport provenant de la bière consommée par les seuls consommateurs de bière (541 g/personne/jour). Ces valeurs de DJT représentent environ 3,0 % de la DJA estimée de 0,75 mg/kg p.c./jour.

g) Exposition attribuable à l'eau potable et évaluation du risque

Bien qu'il existe des méthodes d'analyse pour le dosage du glyphosate dans l'eau à des concentrations de l'ordre des parties par milliard, on ne dispose pas d'une méthode de dosage acceptable et courante, c'est pourquoi aucune étude de surveillance n'a été réalisée sur les approvisionnements en eau potable au Canada. Étant donné que le glyphosate est fortement adsorbé dans le sol, on croit que son pouvoir de contamination des eaux souterraines par lixiviation est faible. On a décelé sa présence à la suite de certaines applications en forêt au cours desquelles le produit a été pulvérisé à proximité ou au-dessus de l'eau. Cette pratique peut être à l'origine de la contamination des approvisionnements en eau potable situés en aval, puisque le glyphosate est modérément persistant dans l'eau.

On prévoit que l'apport de résidus de glyphosate provenant de l'eau potable sera négligeable par rapport à la DJA, mais en raison du manque de données, il n'est pas possible à l'heure actuelle de procéder à une estimation quantitative de la dose journalière théorique en provenance de cette source. On ne s'attend pas à ce que la nouvelle utilisation proposée du glyphosate augmente les risques liées à l'exposition par l'intermédiaire de l'eau potable.

9.5 Exposition professionnelle et évaluation du risque

a) Évaluation de l'exposition

Application sur le blé, l'orge, le colza canola, les haricots secs, les légumineuses et graminées fourragères, les pois et les lentilles au moyen du matériel de pulvérisation à rampe au sol :

> Il est peu probable que l'exposition des travailleurs par suite des utilisations proposées (indiquées ci-dessus) soit plus importante que celle qui découle des utilisations actuellement homologuées, étant donné que la seule chose qui change est le moment de l'application. De plus, la dose d'application est égale ou inférieure aux doses figurant actuellement sur l'étiquette.

Le demandeur a déjà présenté une étude sur l'exposition professionnelle des travailleurs chargés du mélange et du remplissage et de l'application au moyen du matériel de pulvérisation à rampe au sol sur les culture indiquées ci-dessus. Bien que cette étude ait fait l'objet d'un examen et qu'elle ait été acceptée, il s'agit d'une étude ancienne qui ne répond plus aux normes actuelles régissant la conception de ce genre d'étude et qui est limitée par un nombre insuffisant de répétitions; il s'agissait d'une journée de travail écourtée non typique et les données sur la récupération sur le terrain sont médiocres.

Épandage aérien sur le blé, l'orge, le colza canola et les lentilles :

> Bien qu'il n'y ait pas à l'heure actuelle de demande concernant l'épandage aérien du Roundup[MD], on a tenté d'évaluer l'exposition professionnelle découlant de cette pratique dans le cas des cultures indiquées ci-dessus.

Dans une étude substitut (USDA Forestry Service, 1988, et références citées) présentée par le demandeur, on a cité des études réalisées par divers chercheurs sur l'exposition au 2,4-D et on a estimé la dose absorbée par les travailleurs chargés du mélange et du remplissage par suite de l'épandage aérien du produit. L'utilité de ces

études pour estimer l'exposition des travailleurs chargés du mélange et du remplissage du Roundup[MD] dans le contexte canadien est limitée pour les raisons suivantes :

i) dans la plupart des études, on a entrepris une surveillance biologique pour estimer la dose. Ces données ne peuvent être utilisées pour estimer la dose de glyphosate étant donné que l'on n'a pas démontré que ces deux produits (2,4-D et glyphosate) ont un comportement pharmacocinétique semblable chez l'être humain;

ii) dans les études où l'on a procédé à une surveillance du dépôt cutané, les méthodes utilisées n'étaient pas appropriées;

iii) les données sur la surveillance de l'exposition ne portent pas sur une journée de travail typique.

Dans une autre étude (Centre de Toxicologie du Québec, 1988), il a été question de la surveillance biologique de travailleurs forestiers canadiens qui manipulent du glyphosate. Cette étude non plus ne peut servir à estimer la dose interne de glyphosate par suite de l'exposition professionnelle étant donné que le prélèvement d'urine n'était pas approprié à cette fin.

En raison de ces limites, il n'a pas été possible d'estimer l'exposition des travailleurs utilisant du Roundup[MD] par épandage aérien.

b) Évaluation du risque

On ne prévoit pas que le risque lié à l'exposition professionnelle soit plus grand que celui qui découle des utilisation actuelles du Roundup[MD] étant donné que seul le moment de l'application change.

## RÉFÉRENCES

Centre de Toxicologie du Québec (1988). Étude de l'exposition professionnelle des travailleurs forestiers exposés au glyphosate.

EPA Summaries - Guidance for the Reregistration of PesticideProducts Containing Glyphosate as the Active Ingredient. Juin 1986.

United States Department of Agriculture (1988). Managing ompeting and Unwanted Vegetation. Final Environmental Impact Statement, Appendices D and H.

Vigusson, N.V. et Vyşe, E.R. (1980). Mutation Research 79 (1),53-57.

Wester, R.C. *et al.* (1991). Glyphosate Skin Binding, bsorption, Residual Tissue Distribution and Skin Decontamination. Fundamental and Applied Toxicology 16, 725-732.

## 10. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX (ENVIRONNEMENT CANADA)

### 10.1 Résumé

L'exposé d'Environnement Canada sur le glyphosate fait suite à la proposition d'utiliser le Roundup[MD] avant la récolte, par voie aérienne et terrestre.

Le glyphosate n'est pas touché par l'hydrolyse chimique ou par la phototransformation et il est peu susceptible de se volatiliser. Dans les systèmes terrestres ou aquatiques, cet herbicide se transforme surtout sous l'action de processus biologiques. D'après des travaux réalisés en laboratoire à 25 °C, le glyphosate est rapidement transformé dans les sols aérobies ou dans les systèmes aquatiques aérobies, mais il persiste dans les systèmes anaérobies. On ne dispose pas actuellement de données relatives à la dissipation du glyphosate dans les sols agricoles du Canada. Or, il est nécessaire de disposer de telles données. Les études en milieu naturel menées aux É.-U. montrent que le glyphosate se dissipe rapidement dans les régions chaudes et plus lentement dans les régions fraîches. Malgré sa solubilité élevée dans l'eau, le glyphosate est fortement adsorbé sur les sols et il n'est donc pas mobile. Les données recueillies en milieu naturel aux É.-U. montrent que le lessivage à travers les sols est minimale.

On ne pense pas que l'exposition aiguë ou chronique au glyphosate soit dangereuse pour les oiseaux ou pour les mammifères. Cet herbicide est relativement inoffensif pour les micro-organismes du sol, les vers de terre, les abeilles et pour les *Daphnia magna*. À la dose proposée, l'impact devrait donc être limité. Le principal produit de transformation, l'AMPA, est pratiquement non toxique pour les *Daphnia magna*.

En ce qui concerne l'emploi du glyphosate avant la récolte pour détruire les mauvaises herbes et pour dessécher les cultures, il faudra obtenir de l'information sur le devenir du glyphosate et de l'AMPA en sol canadien après un épandage effectué conformément à ce qui est proposé. Ces travaux seront nécessaires puisque les études de sol faites aux É.-U. ont révélé que le glyphosate se dissipait lentement dans les régions fraîches. Cette information s'applique autant aux épandages terrestres qu'aux épandages aériens de l'herbicide.

Comme le glyphosate est un herbicide non sélectif, on s'inquiète de son effet potentiel sur la végétation terrestre et aquatique non visée à cause de la dérive du brouillard de pulvérisation lors des épandages terrestres ou aériens de Roundup[MD]. Toutefois, Monsanto Canada a récemment indiqué que l'usage du glyphosate avant récolte se ferait seulement par voie terrestre, l'épandage aérien ayant été rayé du profil d'emploi avant récolte proposé. Il est néanmoins nécessaire d'obtenir davantage d'information sur l'effet de faibles doses de Roundup[MD] afin d'évaluer à fond les effets (dommages et rétablissement pour les plantes non visées) de cet herbicide sur les habitats fauniques à proximité des champs traités. La zone à traiter pour la destruction des mauvaises herbes et la dessiccation des cultures peut être très étendue puisqu'il s'agit de champs de blé, d'orge, de colza canola, de lin, de lentilles, de pois, de soya et de fourrages (graminées et dicotylédones).

## 10.2 Chimie et devenir dans l'environnement

### a) Caractéristiques physico-chimiques

#### i) Solubilité dans l'eau :

La solubilité du glyphosate (acide) dans l'eau est élevée [15700 mg/L (1,57 %) à 25 °C]. Le glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine est beaucoup plus soluble dans l'eau que le glyphosate acide.

#### ii) Pression de vapeur :

La pression de vapeur du glyphosate déterminée par la méthode de saturation gazeuse s'est révélée négligeable [$<1,0 \times 10^{-5}$ Pa ($<7,5 \times 10^{-8}$ mm Hg) à 25 °C], signe que cet herbicide ne serait pas volatil. La constante de la loi de Henry [$<1,669 \times 10^{-12}$ atm.m$^3$.mol$^{-1}$] montre que le glyphosate n'est pas susceptible de se volatiliser à partir de l'eau ou des surfaces humides puisque sa pression de vapeur est faible et que sa solubilité dans l'eau est élevée.

#### iii) Coefficient de partage octanol/eau :

Le coefficient de partage octanol/eau ($K_{oe}$) du glyphosate est faible (0,0006 et 0,0017), ce qui indique un potentiel de bioconcentration limité.

iv) Constante de dissociation :

On a obtenu pour le pKa des valeurs de <2, 2,6, 5,6 et 10,6. Le glyphosate est amphotère (capable de réagir chimiquement soit comme un acide, soit comme une base) et il est surtout sous forme d'ion dipolaire, de sorte qu'il se comportera comme un sel ionique.

b) Transformation

i) Hydrolyse :

On ne s'attend pas à ce que l'hydrolyse chimique constitue un mode de dégradation important du glyphosate dans l'environnement puisque, d'après des données obtenues en laboratoire, le glyphosate est stable dans des solutions stériles, tamponnées, de pH 3, 6 et 9, à des températures de 5 et 35 °C, maintenues à l'obscurité pendant 32 jours.

ii) Phototransformation :

La transformation du glyphosate marqué au [$^{14}$C] sur un sol de loam sableux exposé à la lumière naturelle pendant 31 jours s'est révélée négligeable. Après analyse d'échantillons de sol, on a déterminé que les valeurs de la demi-vie (par extrapolation) étaient de 90,2 et de 96,3 jours, respectivement, pour les échantillons irradiés et pour les échantillons témoins conservés à l'obscurité.

Les résultats d'une étude effectuée avec des solutions aqueuses ont montré que la phototransformation du glyphosate dans l'eau sous l'action de la lumière naturelle ne constituait pas un processus important. Lorsque des solutions aqueuses stériles de glyphosate marqué au [$^{14}$C] étaient exposées à la lumière pendant une période allant jusqu'à 31 jours, la demi-vie calculée par extrapolation était respectivement de 413 et 555 jours pour les échantillons irradiés et pour les échantillons conservés à l'obscurité. La stabilité du glyphosate à la lumière est telle qu'on l'avait prévue : les données du spectre d'absorption montrant que les

UV sont absorbés par le glyphosate à une longueur d'onde inférieure à celle du spectre d'énergie correspondant à la lumière naturelle (> 290 nm).

iii) Biotransformation :

Les résultats d'une étude effectuée en laboratoire à 25 °C et portant sur un sol aérobie a montré que le glyphosate ne persistait pas dans les sols de loam sableux ou de loam limoneux, la valeur du $TD_{50}$ (temps de dégradation à 50 %) était de 2 jours. D'autres travaux effectués en laboratoire et portant sur des sols aérobies (à 30 °C, 32 °C et à une température ambiante non spécifiée) ont montré que le glyphosate n'était pas persistant dans le loam limoneux ($TD_{50}$- 1 semaine) et qu'il était moyennement persistant dans le loam d'argile limoneux ($TD_{50}$ de 3,5 à 5 semaines). La transformation du glyphosate se faisait principalement sous l'action des microbes et elle produisait surtout de l'acide aminométhylphosphonique (AMPA) et du gaz carbonique.

Dans un système aquatique aérobie de laboratoire (eau/sédiments) maintenu à 25 °C, le glyphosate s'est révélé non persistant ($TD_{50}$ de 14,4 jours). La plus grande partie du glyphosate épandu était passée de l'eau aux sédiments. La transformation du glyphosate se faisait de la même façon que dans un sol aérobie.

Les résultats d'une étude portant sur un système aquatique anaérobie de laboratoire (eau/sédiments) à 25 °C ont montré que le glyphosate persistait à cette température ($TD_{50}$ de 208 jours). À la fin de l'essai (365 jours), la quantité de composé parental correspondait à 20 % de la quantité épandue, signe que la vitesse de transformation du glyphosate dans des conditions anaérobies était lente. La plus grande partie du glyphosate épandu passait de l'eau aux sédiments.

c) Mobilité (données de laboratoire)

i) Adsorption/désorption :

Des études d'adsorption/désorption du glyphosate sur le sol effectuées en laboratoire ont montré que le glyphosate était fortement adsorbé sur les sols et qu'il était peu désorbé. Les valeurs obtenues pour le $K_{co}$ étaient élevées (2660-12930) dans les sols testés, signe d'une faible mobilité du glyphosate dans les sols et, par conséquent, d'un faible potentiel de lessivage.

ii) Chromatographie sur couche mince :

Les essais de chromatographie sur couche mince effectués en laboratoire ont montré que le potentiel de lessivage du glyphosate était faible. D'après les résultats obtenus, le glyphosate serait considéré comme immobile (classe de mobilité de Helling 2) dans les sols testés (loam sableux, loam limoneux et loam argileux limoneux).

iii) Lessivage dans une colonne de sol :

Les résultats d'essais de lessivage dans une colonne de sol traité avec du glyphosate marqué et vieilli pendant un mois ont montré que le lessivage du principal produit de transformation, AMPA, était faible. La quantité d'AMPA lessivée correspondait à <1 % de la radioactivité initiale.

d) Dissipation en milieu naturel

i) Dissipation dans le sol (milieu naturel) :

On n'a pas pu procéder à l'examen des données relatives à la dissipation du produit dans le sol des principales régions du Canada où l'on se propose d'épandre du glyphosate. Le demandeur d'homologation a indiqué qu'il entreprendrait ces études en 1991 en Alberta, au Manitoba et en Ontario.

Les données recueillies en milieu naturel lors d'études américaines sur la dissipation dans le sol ont montré que des

concentrations de glyphosate (Roundup$^{MD}$) de 2,24, 4,48 et 8,97 kg de matière active à l'hectare (kgMA/ha) ne persistaient pas au Texas et en Caroline du Nord ($TD_{50}$ de 2 à 16 jours), mais qu'elles persistaient au Minnesota ($TD_{50}$ de 122 à 174 jours). Lorsque le glyphosate avait été épandu vers la fin de la saison (septembre/octobre) comme c'était le cas au Minnesota et au Colorado, la dissipation de l'herbicide était lente ($TD_{90}$ de 210 à 300 jours) et les résidus de glyphosate ont duré jusqu'à la saison suivante. Parmi les types de sol rencontrés aux différents endroits, on comptait du loam sableux, du loam argileux sableux, du loam limoneux et du loam.

Les résultats tirés des mêmes études ont également montré que lorsque le Roundup$^{MD}$ était appliqué à raison de 2,24 et 4,48 kgMA/ha, dans la plupart des cas, les concentrations résiduelles du principal produit de transformation tombaient sous le seuil de détection (<0,05 mg/kg) en l'espace d'un an après le traitement.

L'accumulation des résidus de glyphosate ou d'AMPA dans le sol était minimale à la suite d'applications multiples étalées sur plusieurs années, si l'on en juge par des études de surveillance réalisées dans des vergers et des vignobles de trois États américains adjacents à la frontière canadienne. Les résultats d'autres études sur le terrain comportant quatre épandages de Roundup$^{MD}$ par année montraient également que l'accumulation du glyphosate était limitée.

Des analyses de sol aux É.-U. ont montré que le glyphosate et l'AMPA présentaient un potentiel de lessivage négligeable dans les sols testés. Dans les carottes de sol correspondant aux profondeurs de 0-15 et 15-30 cm de profondeur, les résidus de glyphosate restaient principalement dans le profil de sol supérieur (0-15 cm); le seuil de détection étant de 0,05 mg/kg pour les deux composés.

Les résultats des études de ruissellement en milieu naturel ont indiqué que les averses se produisant 24 heures après le

traitement ne causeraient probablement aucun mouvement appréciable du glyphosate solubilisé au taux d'application proposé. À un taux d'application relativement élevé, soit 8,97 kgMA/ha, le glyphosate peut être entraîné dans l'eau de ruissellement s'il pleut dans les 24 heures qui suivent le traitement.

10.3 Toxicologie environnementale

a) Oiseaux sauvages

Les oiseaux sauvages sont les plus susceptibles d'être exposés au glyphosate, directement par contact avec le brouillard de pulvérisation qui se dépose (oiseaux fourrageant dans les terres cultivées) ou qui dérive, ou encore lorsqu'ils consomment de la végétation ayant été traitée ou des proies contaminées. La zone à pulvériser pour détruire les mauvaises herbes et sécher les cultures en août peut être très étendue car le traitement vise le blé, l'orge, le colza canola, le lin, les lentilles, les pois, le soya, les fourrages (espèces herbacées et latifoliées).

On ne s'attend pas à ce que l'application du Roundup$^{MD}$ au taux recommandé sur l'étiquette pose un danger de toxicité aiguë pour les oiseaux qui ingèrent des résidus de glyphosate. Chez la caille, la $DL_{50}$ aiguë de glyphosate technique est supérieure à 3851 mg/kg et aucun effet sur la reproduction n'a été observé que ce soit chez le canard colvert ou chez les cailles dans le cas de concentrations alimentaires de 1000 ppm. L'exposition de la surface d'oeufs de poulet n'a causé aucun effet néfaste.

b) Mammifères sauvages

Les mammifères sauvages pourraient être exposés directement au glyphosate ou en ingérant des plantes dans les champs pulvérisés et le long des clôtures, dans les zones humides et les boisés qui ont été contaminés par la dérive du brouillard de pulvérisation avant qu'un effet ne soit apparent chez les plantes touchées par le glyphosate. Certains mammifères pourraient être exposés par suite de l'ingestion d'invertébrés ou de petits herbivores. Toutefois, le glyphosate n'étant pas sujet à la

bioaccumulation, sa toxicité ne devrait pas augmenter au fur et à mesure qu'il se déplace à travers le réseau alimentaire.

Le glyphosate est pratiquement non toxique pour les mammifères. Chez le rat, la $DL_{50}$ aiguë de glyphosate absorbé par voie orale est supérieure à 5000 mgMA/kg de poids corporel. La $DL_{50}$ aiguë par voie orale du métabolite primaire, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA), est du même ordre. Des souris dont les aliments avaient été additionnés de 50000 ppm de glyphosate pendant 90 jours ne présentaient aucun signe sérieux d'intoxication.

c) Amphibiens et reptiles

On ne dispose d'aucune donnée pour évaluer le risque pour les amphibiens et les reptiles de l'emploi du glyphosate. Ces organismes pourraient être exposés directement par contact cutané avec le brouillard de pulvérisation ou par ingestion d'invertébrés contaminés.

d) Systèmes microbiens du sol

Les études en laboratoire ont indiqué que le glyphosate avait un impact limité sur les micro-organismes du sol si l'on en juge par des observations sur la respiration du sol et la nitrification du sol.

e) Invertébrés terrestres

Les résultats des essais de toxicité par contact et par voie orale ont révélé que le glyphosate (de qualité technique et sous forme de préparation) était relativement non toxique pour les abeilles ($DL_{50}$ > 100 µgMA/abeille). Lors d'une étude effectuée en laboratoire, on n'a observé aucune mortalité ni d'effet négatif important sur la croissance des vers de terre (*Allolobophora caliginosa*) exposés à du glyphosate en concentrations allant jusqu'à 100 mg/kg dans un sol de Nouvelle-Zélande.

f) Invertébrés aquatiques

Les données relatives à la toxicité chronique du glyphosate technique pour les *Daphnia magna* ont montré que le glyphosate était pratiquement non toxique ($CL_{50}$-48 h de 780 mg/L). La toxicité chronique du glyphosate technique s'est également révélée faible (niveau sans

effet observé (NSEO) de 50 mg/L) d'après une étude de toxicité chronique de 21 jours basée sur la survie, la croissance et la reproduction des *Daphnia magna*. Des essais ont montré que la préparation de Roundup[MD] présentait une toxicité aiguë supérieure à celle du glyphosate technique ($CL_{50}$-48 h de 5,3 mg de produit/L) avec une NSEO de près de 1,9 mg de produit/L). À la dose proposée de 0,89 kgMA/ha, on ne prévoit pas que les résidus de glyphosate qui pourraient être laissés par la dérive du brouillard de pulvérisation puisse constituer un danger important pour les *Daphnia*. Les données fournies par le demandeur au sujet de la toxicité de l'AMPA pour les *Daphnia magna* ont montré qu'il était pratiquement non toxique. La $CL_{50}$-48 h s'élevait à 690 mg/L et le niveau sans effet observé (NSEO) après 48 h était de 320 mg/L.

g) <u>Considérations relatives à l'habitat de la faune</u>

La faune qui habite dans le voisinage des champs cultivés peut être touchée par une pénurie de nourriture (invertébrés) due à une raréfaction des macrophytes grâce auxquels ils subsistent, ou à une réduction du couvert végétal à cause de dommages causés aux plantes ou de leur destruction.

Les cultures à inclure dans la nouvelle étiquette couvriront une superficie totale de 30 millions d'hectares. Le blé, l'orge, le colza canola, les lentilles et le lin font l'objet d'une culture extensive dans les provinces des Prairies où la plupart des habitats de la faune (p. ex. les petites étendues d'eau) et les terres cultivées coexistent très près les uns des autres. On s'inquiète également des dommages causées aux haies, aux plantation brise-vent, aux boisés et aux zones humides de l'Ontario où sont cultivés le blé, le soya et les cultures fourragères. Le sud-ouest de l'Ontario est aussi habité par plusieurs espèces en danger ou menacées.

Cette nouvelle utilisation du glyphosate pour la destruction des mauvaises herbes avant la récolte pourrait être importante, particulièrement dans les zones humides du sud-ouest de l'Ontario et dans le nord des Prairies; au Canada, la saison des cultures est courte et il arrive fréquemment que des

agriculteurs n'aient pas le temps, au printemps, d'épandre un herbicide qui permette de détruire les grandes plantes vivaces comme le chardon et le chiendent sans que la culture ne soit endommagée par la suite. Après la récolte, à l'automne, les mauvaises herbes sont souvent trop petites pour être détruites efficacement avant l'arrivée de l'hiver. Le fait que le glyphosate soit également un dessicant à faibles doses constitue un avantage supplémentaire qui ne peut qu'accroître la probabilité que les agriculteurs le privilégient.

Le glyphosate est un herbicide non sélectif, efficace pour les plantes annuelles ainsi que pour les plantes vivaces profondément enracinées comme le chardon, le chiendent, les quenouilles, etc. D'après la documentation, il semble être toxique pour un grand nombre de plantes, notamment pour 76 des 78 mauvaises herbes nuisibles répandues à travers le monde (Carlisle et Trevors, Water, air and Soil Pollution, 39).

L'impact indirect du glyphosate sur la faune est particulièrement préoccupant à cause de ses effets potentiels sur les habitats et les sources de nourriture sur lesquels il est directement épandu ou avec lesquels il entre en contact lors de la dérive du brouillard de pulvérisation. La dérive vers les habitats non visés se produit non seulement dans le cas des épandages aériens mais aussi dans le cas des épandages terrestres. Avec l'équipement terrestre seul, on estime que le dépôt par dérive est de 1-10 % dans les Prairies. Dans le cas de l'épandage au sol avec de l'équipement surélevé, la hauteur de la buse se situera à la limite maximale ou même supérieure à celle qui est recommandée; même avec une zone tampon entourant les zones humides, les étendues d'eau et les habitats terrestres, on s'attend à ce que la proportion de produit qui dérive reste importante.

Considérant ce qui précède, on croit qu'il est essentiel de caractériser les effets potentiels des faibles doses de glyphosate sur les plantes non visées. Le demandeur a fourni des données crédibles sur les courbes dose-réponse pour 4 espèces terrestres appartenant à deux familles (étude 13644 - n° d'enr. du produit). La luzerne, l'avoine et le soya ne présentaient

pratiquement aucun effet à 10 % de la dose maximale indiquée sur l'étiquette (évaluation visuelle), alors qu'un effet modéré a été décelé sur le sorgho, avec une certaine récupération après le 42e jour. On a présenté un autre tableau portant sur 17 espèces appartenant à 5 familles; toutefois, comme on ne dispose d'aucune documentation sur la méthodologie, les conditions de croissance, le lieu de l'étude, la durée et le mode d'épandage, nous ne pouvons juger de sa validité.

Les études présentées portaient sur l'effet du glyphosate sur 4 espèces d'algues : *Selenastrum capricornutum, Navicula pelliculosa, Skeletonema costatum, Anabaena flos-aquae*. Les $CE_{50}$ obtenues varient de 0,64 à 24,9 mg/L. On s'attend à une concentration environnementale pour une colonne d'eau de 15 cm, à la dose prévue de 890 g/L, de 0,59 mg/L; les facteurs de risque sont généralement faibles et compris entre 0,02 et 0,13. Seule la diatomée marine *Navicula pelliculosa* présente un facteur de risque plus élevé qui atteint 0,92. D'après ces études, on considère que le glyphosate constitue un faible risque pour les algues.

On a étudié l'inhibition de la croissance de *Lemna gibba* en testant la toxicité du glyphosate dissous dans l'eau. La $CE_{50}$-14 jours est de 25,5 mg/L. La concentration environnementale étant estimée à 0,59 mg/L, le facteur de risque est faible, à 0,02 (0,59/25,5). Toutefois, Lockhart *et al.* (Hydrobiologia, vol. 188-189, 1989) ont montré que lors de l'exposition des frondes de *Lemna minor* au glyphosate pulvérisé, la toxicité du glyphosate était beaucoup plus élevée que lorsque le glyphosate était dissous dans l'eau; dans le cas d'un épandage sur des *Lemna* à raison de 800 gMA/ha, la croissance était pratiquement nulle. Cette inhibition est peut-être due au fait que cet herbicide pénètre dans les plantes par contact avec les feuilles et que le glyphosate a peu tendance à passer de l'eau aux plantes comme ce serait le cas avec un composé plus hydrophobe. Il est clair que l'étude présentée par le demandeur ne correspond pas au pire cas et qu'elle n'est pas représentative d'une situation où *Lemna* serait touchée par une pulvérisation directe ou par la dérive du brouillard de pulvérisation. Lockhart *et al.* (1989) affirment de manière

convaincante que le dépôt pulvérisé menace la végétation aquatique émergente, particulièrement puisque l'herbicide déposé sur les plantes ne risque pas d'être éliminé par lavage comme dans le cas des feuilles flottantes.

Comme le glyphosate est non sélectif et efficace sur un grand nombre d'espèces, qu'il peut être utilisé sur de vastes étendues, on croit qu'il est nécessaire d'obtenir davantage d'information sur l'effet de faibles doses de glyphosate sur les espèces importantes qui constituent les habitats fauniques dans les Prairies et en Ontario.

Il faudrait effectuer des études portant sur de petites parcelles ou une étude sur le terrain de plus grande envergure afin d'évaluer l'impact du Roundup[MD] dans ces régions en insistant sur des taux peu élevés, les effets sur les communautés végétales (richesse en espèces et couvert), le spectre d'efficacité observé et la récupération.

Bien que l'utilisation du glyphosate ait été homologuée depuis 1976 en agriculture et depuis 1984 en foresterie, les nouvelles applications importantes susmentionnées étendront considérablement le champ d'application du glyphosate; à la lumière de ce que nous connaissons actuellement de l'écologie des Prairies et des autres habitats fauniques, il est crucial de bien documenter l'effet indirect du glyphosate sur les habitats fauniques afin d'assurer l'élaboration des mesures d'atténuation nécessaires à la protection de la faune.

## 11. EFFETS SUR LE POISSON, SON HABITAT ET LES RESSOURCES HALIEUTIQUES(PÊCHES ET OCÉANS CANADA)

### 11.1 Effets sur le poisson

La toxicité du glyphosate technique pour le poisson, avec des $CL_{50}$ de 22 à 211 mg de matière active (MA)/L, varie de légère à presque nulle. Toutefois, la formulation Roundup[MD] est plus toxique que le glyphosate technique avec des $CL_{50}$ pour le poisson variant de 2,3 à 42,0 mg de Roundup[MD]/L (voir les tableaux ci-dessous). Des études ont montrées que la toxicité du Roundup[MD] pour les poissons est attribuable à l'agent tensioactif MON 0818, une amine de suif polyéthoxylée qui constitue environ

15 % (en poids) de la préparation Roundup[MD]. Les $CL_{50}$ du MON 0818 chez les poissons varie de 1,0 à 13 mg/L. Des études sur la $CL_{50}$-96 h commandées par Monsanto ont révélé des niveaux sans effet observé (NSEO) de 6,4 mg/L pour la truite arc-en-ciel et de 2,2 mg/L pour le crapet arlequin.

| | Toxicité aiguë | $CL_{50}$-96 h (mg/L) | |
|---|---|---|---|
| | glyphosate | Roundup[MD] | MON 0818 |
| Truite arc-en-ciel | 140 | 8.3 | 2.0 |
| Tête-de-boule | 97 | 2.3 | 1.0 |
| Barbue de rivière | 130 | 13 | 13 |
| Crapet arlequin | 140 | 5.0 | 3.0 |

Folmar *et al.*, 1979

| | Toxicité aiguë | $CL_{50}$-96 h (mg/L) |
|---|---|---|
| | Roundup[MD] | MON 0818 |
| Alevins de saumons sockeye | 28.8 | 2.6 |
| Alevins de truites arc-en-ciel | 25.5 | 3.2 |
| Alevins de saumons coho | 42.0 | 3.5 |

Servizi *et al.*, 1987

| | Toxicité aiguë | $CL_{50}$-96 h (mg/L) | |
|---|---|---|---|
| | glyphosate | Roundup[MD] | MON 0818 |
| Eau de ruisseau (douce) | | | |
| Saumon coho | 36 | 27 | 3.2 |
| Saumon quinnat | 30 | 27 | 2.8 |
| Truite arc-en-ciel | 22 | 15 | 2.5 |
| Eau de lac (dure) | | | |
| Saumon coho | 174 | 13 | 1.8 |
| Saumon quinnat | 211 | 17 | 1.7 |
| Truite arc-en-ciel | 197 | 14 | 1.7 |

Wan *et al.*, 1989

Les jeunes truites arc-en-ciel (1,0 g) et les alevins libres de barbue de rivière constituent, pour ces deux espèces, les stades vitaux les plus sensibles à l'exposition au Roundup[MD] d'après Folmar *et al.* (1979) qui ont signalé des $CL_{50}$-96 h respectives de 1,3 et 3,3 mg de Roundup[MD]/L.

Les résultats de Wan *et al.* (1989) indiquent que les caractéristiques de l'eau utilisée dans les tests de toxicité influencent la toxicité aiguë des différents composés pour les salmonidés. Le glyphosate était plus toxique pour les salmonidés dans une eau douce, tandis que le Roundup[MD] et le MON 0818 étaient plus toxiques dans de l'eau dure.

Le tête-de-boule n'a pas été affecté par une exposition chronique (255 jours) de glyphosate à des concentrations mesurées allant jusqu'à 25,7 mg/L (Monsanto).

On n'a pas observé d'effets physiologiques sublétaux chez le saumon coho exposé pendant 10 jours à du Roundup[MD] dans de l'eau douce à des concentrations de 0,029 à 2,78 mgMA/L avant une exposition à de l'eau de mer (Mitchell *et al.*, 1987). On n'a pas non plus constaté d'anomalies touchant la fécondité et le développement des gonades chez des truites arc-en-ciel exposées pendant 72 h, dans des cours d'eau artificiels, à du glyphosate sous forme de sel d'isopropylamine (IPA) ou au Roundup[MD] à des concentrations nominales allant jusqu'à 2,0 mg/L (Folmar *et al.*, 1979). Dans des tests portant sur la réaction d'évitement, Folmar (1976) a signalé que la truite arc-en-ciel n'évitait pas l'eau contenant de l'IPA à des concentrations nominales allant jusqu'à 10 mg/L. Hildebrand *et al.* (1982) ont constaté qu'une concentration de Roundup[MD] d'environ 40 mg/L était nécessaire pour que la truite arc-en-ciel évite l'eau traitée avec ce produit. Aucune réaction d'évitement n'a été observée à la concentration de 30 mg de Roundup[MD]/L.

Des facteurs de bioconcentration inférieurs à 1 ont été signalés par Monsanto dans le cas de la truite arc-en-ciel, de l'achigan à grande bouche, de la barbue de rivière et de la carpe exposés à 10 mgMA/L pendant 14 jours. Après une période de dépuration de 35 jours, la concentration des résidus de glyphosate était tombé chez toutes ces espèces à une valeur égale ou inférieure à 0,07 mgMA/kg (limite de détection de 0,05 mg/kg). On a découvert aucun résidu d'acide aminométhylphosphonique (AMPA) qui est un produit de transformation du glyphosate, dans les tissus (limite de détection de 0,05 mg/kg). La

concentration des résidus était plus grande dans la tête et les viscères des poissons que dans les autres tissus. La plus forte concentration de résidus (3,96 mgMA/kg) a été observée chez la carpe (tête et viscères), mais après la période de dépuration de 35 jours, elle était de 0,05 mg/kg. Les études réalisées chez la barbue de rivière ont indiqué que le glyphosate n'est pas métabolisé facilement chez les poissons.

11.2 Effets sur l'habitat du poisson

a) Invertébrés aquatiques

Comme les poissons, les invertébrés aquatiques sont plus sensibles au Roundup$^{MD}$ et au MON 0818 qu'au glyphosate seul. Folmar *et al.* (1979) ont signalé, dans le cas des larves de moucheron (*Chironomus plumosus*), des $CE_{50}$-48 h (immobilisation) de 13 mg de MON 0818/L (concentration nominale), de 18 mg/L pour le Roundup$^{MD}$ et de 55 mg/L pour le glyphosate technique. Chez les *Daphnia pulex*, la $CL_{50}$-96 h du Roundup$^{MD}$ a été de 25,5 mg/L, et celle du MON 0818 de 2,0 mg/L (Servizi *et al.*, 1987). Chez les *Daphnia magna*, la $CE_{50}$-48 h varie de 3,0 à 5,3 mg/L dans le cas du Roundup$^{MD}$ (Folmar *et al.*, 1979, et Monsanto), tandis que la $CL_{50}$-48 h est de 780 mg/L dans le cas du glyphosate technique (Monsanto). Des tests réalisés avec des *D. magna*, ont révélé un NSEO inférieur à 1,9 mg/L dans le cas du Roundup$^{MD}$ et de 50 mg/L dans celui du glyphosate technique (Monsanto).

Les invertébrés marins ne se sont pas montrés très sensibles au glyphosate technique. Des études présentées par Monsanto ont indiqué des $CL_{50}$-96 h respectives de 281 et de 934 mg de glyphosate (mgMA)/L (concentrations nominales) dans le cas du bouquet (*grass shrimp*) et du crabe appelant. Les NSEO respectifs ont été de 210 et 650 mg/L. L'huître de l'Atlantique s'est révélée plus sensible; Monsanto a indiqué un NSEO de 10 mg/L (concentration nominale).

b) Algues

La sensibilité des algues au Roundup$^{MD}$ a été très variable. Certaines cyanophycées se sont montrées beaucoup plus sensibles au glyphosate que les chlorophycées (algues vertes). Le glyphosate a inhibé de 50 % la croissance des cyanobactéries *Aphanocapsa* (souche 6308), *Anabaena variabilis* et *Nostoc* (souche MAC) à la

concentration de 2 mg/L (Hutber *et al.*, 1979). Leur croissance a été complètement inhibée à 10 mgMA/L. Une autre souche d'*Aphanocapsa* (souche 6714) s'est révélée beaucoup plus tolérante, puisqu'il a fallu une concentration de 100 mgMA/L pour que sa croissance soit réduite de 50 %. On a constaté chez les *Chlorella sorokiniana* exposés à une formulation non précisée de glyphosate, une diminution du taux de croissance de 7 % à la concentration de 1 mgMA/L, de 58 % à 3 mg/L et de 100 % à 4 mg/L ou plus (Christy *et al.*, 1981). La croissance des *Euglena gracilis* en termes de densité cellulaire a été réduite de façon importante par suite d'une exposition de 96 h à une concentration d'environ 100 mg/L d'une formulation non précisée de glyphosate (Richardson *et al.*, 1979). La teneur en chlorophylle des cultures a été réduite de façon statistiquement significative à une concentration d'environ 5 mgMA/L à certains des temps d'échantillonnage, mais il a fallu une concentration de 200 mgMA/L pour obtenir une réduction statistiquement significative ($p = 0,05$) à tous les temps d'échantillonnage. Richardson a également signalé que la photosynthèse, mesurée par l'évolution de l'oxygène, était inhibée par une exposition de plus de 20 minutes à une concentration de 1 mgMA/L, mais qu'elle était stimulée par des concentrations de 50 mg/L ou plus. Goldsborough et Brown (1988) ont signalé que le Roundup[MD], à une concentration de 0,89 mgMA/L, n'avait pas d'effet sur la fixation du carbone par les communautés d'algues périphytes qui colonisent les substrats dans les étangs (milieu artificiel dans ce cas-ci) et ont concluent que la $CE_{50}$ était supérieure à 8,9 mgMA/L.

c) Macrophytes aquatiques

Lockhart *et al.* (1989) ont signalé qu'il n'y avait pas de réduction de la croissance des frondes des *Lemna minor* par suite d'une exposition au Roundup[MD] à une concentration (à l'état dissous) de 17 mg/L ou moins. Ils n'ont pas observé de croissance à 169 mg/L. Lockhart a également signalé qu'après exposition à du Roundup[MD] à une concentration de 800 gMA/ha dans une chambre de pulvérisation, les *Lemna minor* cessaient de croître.

Les nénuphars blancs (*Nymphaea odorata*) ont été détruits par un traitement au glyphosate (formulation non précisée) à l'aide d'un pulvérisateur à main à une dose de 0,6 kgMA/ha ou plus. Un an après l'application, un examen visuel a révélé des taux d'efficacité pour les plantes à maturité de 98 %, de 93 % et de 100 % pour des doses d'application nominales respective de 0,6, 1,1 et 2,2 kgMA/ha (Welker et Riemer, 1982).

Hartman et Martin (1985) n'ont pas constaté d'effets inhibiteurs sur la germination des tubercules et la croissance initiale des *Potamogeton pectinatus* par suite de l'exposition à du Roundup$^{MD}$ à des concentrations nominales de glyphosate allant jusqu'à 10 mg/L.

## 11.3 Migration et transformation dans les milieux aquatiques

Bien que le glyphosate soit hautement soluble dans l'eau (15,700 mg/L) et qu'il ait un $K_{oe}$ faible ($6 \times 10^{-4}$), il possède un pouvoir d'adsorption élevé ($k_{co}$ de 2640, Kenaga et Goring, 1980) et il est relativement immobile dans les sols (valeurs de Rf variant de 0,04 à 0,2 dans le loam sableux et le loam argileux, Sprankle *et al.*, 1975). Feng et Thompson (1990) ont constaté que plus de 90 % des résidus de glyphosate récupérés dans un sol de la C.-B. se trouvaient dans la couche supérieure de 15 cm et qu'ils demeuraient disponibles ($TD_{50}$ - ou temps de dégradation à 50 % - de 45-60 jours).

Il y a bel et bien ruissellement du glyphosate à partir des champs traités, mais l'ampleur de ce phénomène est limitée (Edwards *et al.*, 1980). L'application de Roundup$^{MD}$ dans des champs à la dose de 1,12 kg de glyphosate (kgMA)/ha en 1973 et 1974 a donné lieu à des concentrations maximales de glyphosate dans les eaux de ruissellement de 0,090 et 0,094 mg/L, respectivement. En 1973, le ruissellement causé par 5 pluies consécutives a transporté 5,14 gMA/ha à partir du champ et en 1974, le ruissellement consécutif à 3 pluies en a transporté 6,52 g/ha. La quantité de glyphosate transporté par les eaux de ruissellement a représenté environ 0,6 % du glyphosate appliqué.

Dans des conditions agricoles d'application, l'entraînement par le vent peut faire en sorte que le glyphosate soit transporté et déposé en dehors de la zone cible. Yates *et al.* (1978) indiquent qu'une exposition à 0,001 kg/ha provenant de la dérive

consécutive à un épandage aérien, mesurée en fonction du dépôt observé sur des feuilles de Mylar, entraînerait des dommage de l'ordre de 20 % (évaluation visuelle) aux plants de blé et que ce genre de dépôt pourrait se produire à des distances supérieures à 250 m par rapport au lieu d'application. Toutefois, lorsque le Roundup[MD] est appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à rampe au sol muni de buses à miroir à basse pression ou par un hélicoptère muni d'une rampe d'application micropelliculaire, le dépôt de 0,001 kg/ha est peu susceptible de se produire à une distance supérieure à 20 m.

En milieu aquatique, le glyphosate n'est pas sujet à l'hydrolyse ni à la photolyse, mais il peut faire l'objet d'une biotransformation. Dans les études sur les eaux et les sédiments en conditions aérobies, dans lesquelles la plus grande partie du glyphosate a été récupérée des sédiments, le glyphosate est demeuré disponible pour la transformation comme en témoigne la formation d'AMPA et de dioxyde de carbone. Dans le système eau-sédiments, le glyphosate avait un $TD_{50}$ de 7 à 10 jours. La concentration d'AMPA a atteint un niveau maximal de 25 % du glyphosate appliqué et a diminué, 30 jours après le traitement, à 23 % (Monsanto). Dans des études en conditions aérobies et sans sédiments, le $TD_{50}$ du glyphosate a varié de 7 à 10 semaines. Dans des études en conditions anaérobies effectuées avec un système eau-sédiments, la courbe de dégradation du glyphosate a présenté deux phases : une première phase comportant une diminution rapide de la concentration du glyphosate dans le système ($TD_{50}$ de 1-2 semaines) et une deuxième phase au cours de laquelle la concentration de glyphosate est demeurée relativement constante pendant plusieurs centaines de jours (environ 20 % de la dose initiale appliquée). La concentration d'AMPA a atteint un maximum de 25 % de la dose de glyphosate appliqué et a diminué, 365 jours après le traitement, à 18 % (Monsanto).

L'importance des sédiments pour l'élimination du glyphosate dans la colonne d'eau a été démontrée par Goldsborough et Beck (1989) à l'aide de microcosmes d'eau naturelle et d'eau avec sédiments qui ont été exposés à une pulvérisation directe de Roundup[MD], semblable aux conditions normales d'utilisation, et incubés *in situ* pendant 30 jours. En l'absence de sédiments, la concentration de glyphosate dans l'eau n'a pas diminué de manière appréciable durant la période d'échantillonnage de 30 jours, mais en présence de sédiments, elle a diminué rapidement au

cours des premiers jours pour se stabiliser jusqu'à la fin de la période d'échantillonnage. La concentration des résidus de glyphosate dans les sédiments a varié de moins 0,01 à 0,07 µg/g (en poids sec); elle a augmenté entre le 8e et le 20e jour et avait diminué le 30e jour. La concentration d'AMPA n'a pas dépassé 20 µg/L.

Un résumé des résultats des études de laboratoire sur le devenir de l'amine de suif polyéthoxylée, qui a été présenté par Monsanto, indique que cet agent tensioactif pouvait faire l'objet d'une transformation par les microorganismes présents dans le sol et dans l'eau naturelle. L'évaluation du devenir de l'agent tensioactif dans les systèmes aquatiques ne peut être terminée avant que les rapports complets des études soient présentés et examinés.

## 11.4 Méthodes de détection

Miles *et al.* (1986) ont décrit des méthodes de détection du glyphosate et de l'AMPA dans les eaux naturelles; les seuils de détection sont de 10 µg/L pour le glyphosate et de 5 µg/L pour l'AMPA. Payne *et al.* (1987) ont signalés des limites de quantification de 0,5 µg/L pour le glyphosate et de 0,15 µg/L pour l'AMPA. Monsanto a fait état d'une méthode d'analyse des résidus de glyphosate et d'AMPA dans les tissus de poisson. La limite de détection de cette méthode est de 0,05 mg/kg.

Il n'existe pas de méthode permettant le dosage du MON 0818 dans l'eau à des concentrations toxiques pour les organismes aquatiques.

## 11.5 Évaluation des répercussions

La concentration environnementale escomptée (CEE) de glyphosate dans l'eau est suffisamment en deçà de la concentration toxique pour les poissons et les invertébrés aquatiques pour qu'un effet toxique aigu soit peu probable. La CEE de glyphosate après une pulvérisation directe de Roundup[MD] dans de l'eau d'une profondeur de 0,15 m serait de 1,2 mg de matière active (MA)/L, d'après une dose maximum d'application prérécolte de 1,78 kg de glyphosate équivalent acide/ha (5 L de Roundup[MD]/ha). Cette concentration est nettement inférieure aux $CL_{50}$ pour les poissons (qui varient de manière typique entre 22 et 211 mgMA/L); elle est inférieure à la $CE_{50}$ pour les larves de moucheron (55 mg/L) et inférieure aux concentrations jugées toxiques pour les invertébrés marins (NSEO de 10 à 650 mg/L).

Il est également peu probable que l'exposition chronique au glyphosate ait des effets directs sur les poissons et les invertébrés aquatiques étant donné que la CEE (1,2 mgMA/L) est nettement en deçà des concentrations sans effet enregistrées, par suite d'une exposition chronique, chez le tête-de-boule (25,7 mgMA/L) et chez les daphnies (50-96 mgMA/L).

Il est peu probable que l'exposition au glyphosate produise des effets sublétaux chez les poissons du fait que l'on ne prévoit pas d'effets défavorables importants en ce qui a trait au développement des poissons, à la réaction d'évitement et à l'exposition par l'eau de mer à la concentration environnementale escomptée. La bioconcentration du glyphosate chez les poissons ne devrait pas être importante.

La toxicité de la préparation Roundup[MD] pour la faune aquatique préoccupe Pêches et Océans Canada. Contrairement au glyphosate qui est à toutes fins utiles non toxique, l'agent tensioactif MON 0818, qui constitue environ 15 % (en poids) de la préparation Roundup[MD], possède une toxicité qui varie de modérée à élevée pour les poissons et les invertébrés aquatiques ($CE_{50}/CL_{50}$ de 1-2 mg de MON 0818/L pour les espèces étudiées les plus sensibles). La CEE du MON 0818, en tant que constituant de la préparation Roundup[MD], dans une eau de 0,15 m de profondeur serait de 0,6 mg de MON 0818/L (d'après la pire des hypothèses, c.-à-d. la dose d'application maximale avant récolte de 5 L de Roundup[MD]/ha pour le traitement de graminées et de légumineuses fourragères). Lorsque l'on compare la CEE du MON 0818 (0,6 mg/L) à ses $CE_{50}$-$CL_{50}$ de 1-2 mg/L, la marge de sécurité pour la faune aquatique est faible. Une pulvérisation de Roundup[MD] directement au-dessus de l'habitat du poisson pourrait entraîner des effets importants sur le poisson et son milieu de vie. Cette préoccupation est renforcée par l'absence de données sur le devenir du MON 0818 dans les systèmes aquatiques et par l'absence d'une méthode de dosage du MON 0818 dans l'eau à des concentrations inférieures au NSEO pour l'espèce aquatique non visée la plus sensible.

La sensibilité des algues au MON 0818 est variable, les cyanophycées étant plus sensibles que les chlorophycées. Il existe même une variation entre différentes espèces de cyanophycées, la $CE_{50}$ du Roundup[MD] variant de 2 à 100 mgMA/L. Pour les communautés d'algues périphytes, la $CE_{50}$ du Roundup[MD], qui est supérieure à 8,9 mgMA/L, est plus élevée que

la CEE (1,2 mg glyphosate/L). En raison de la grande variété de réactions au toxique, l'effet du Roundup[MD] sur les communautés d'algues devrait être minimal et il est peu probable que l'habitat du poisson en soit perturbé.

L'exposition de la végétation aquatique riveraine et émergente à une pulvérisation directe ou indirecte (dérive) de Roundup[MD] est également une source de préoccupations. Des études ont montré que les plantes peuvent subir des dommages lorsque le dépôt atteint une concentration de 1 gMA/ha et que ce dépôt peut se produire à plus de 250 m par rapport à l'aire traitée par épandage aérien. À la dose d'application maximale de 1,78 kgMA/ha, le dépôt hors cible de Roundup[MD] doit être réduit si l'on veut éviter les effets phytotoxiques pour les plantes non visées. La réduction du dépôt hors cible limite également la quantité de glyphosate qui est introduite dans les systèmes aquatiques et, par conséquent, dans les sédiments où le glyphosate disparaît lentement dans des conditions anaérobies et où il demeure disponible pour exercer des effets sur la végétation aquatique.

Pour protéger les poissons et leur habitat durant l'application avant récolte du Roundup[MD], le MON 0818 devrait être exclu des systèmes aquatiques et le dépôt de Roundup[MD] sur la végétation aquatique riveraine et émergente devrait être évité. Pour réduire les possibilités de pulvérisation directe ou indirecte (dérive) sur l'habitat du poisson, le Roundup[MD] ne devrait être appliqué qu'à l'aide de matériel au sol, et non par voie aérienne. Une protection additionnelle des poissons et de leur habitat peut être assurée par la création d'une zone tampon de 15 m autour de l'habitat des poissons ou des eaux qui se déversent dans cet habitat.

## 11.6 Résumé

L'application au sol de l'herbicide Roundup[MD] avant la récolte du lin et d'autres cultures (blé, orge, colza canola, lentilles, pois, soja, plantes fourragères) ne devrait pas avoir des répercussions importantes sur le poisson et son habitat pourvu que l'on crée une zone tampon de 15 m. L'application aérienne de l'herbicide Roundup[MD] avant la récolte des cultures de blé, d'orge, de colza canola, de lentilles, de pois, de soja et de plantes fourragères pourrait avoir des effets importants sur le poisson et son habitat.

## RÉFÉRENCES

Christy, S.L., E.P. Karlander & J.V. Parochetti (1981). Effects of glyphosate on the growth rate of Chlorella. Weed Sci. 29: 5-7.

Edwards, W.M., G.B. Triplett & R.M. Kramer (1980). A watershed study of glyphosate transport in runoff. J. Environm. Quality 9: 661-665.

Feng, J. & D.G. Thompson (1990). Fate of glyphosate in a Canadian forest watershed. 2. Persistence in foliage and soils. Agric. Food Chem. 38: 1118-1125.

Folmar, L.C. (1976). Overt avoidance reaction of rainbow trout fry to nine herbicides. Bull. Environ. Contam. & Toxicol. 15: 509-514.

Folmar, L.C., H.O. Sanders & A.M. Julian (1979). Toxicity of the herbicide glyphosate and several of its formulations to fish and aquatic invertebrates. Arch. Environm. Contam. Toxicol. 8: 269-278.

Goldsborough, L.G. & D.J. Brown (1988). Effect of glyphosate (Roundup formulation) on periphytic algal synthesis. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 41: 253-260.

Goldsborough, L.G. & A. E. Beck (1989). Rapid dissipation of glyphosate in small forest ponds. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 18: 537-544.

Hartman, W.A. & D.B. Martin (1985). Effects of four agricultural pesticides on Daphnia pulex, Lemna minor, and Potamogeton pectinatus. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 35: 646-651.

Hildebrand, L.D., D.C. Sullivan & T.P. Sullivan (1982). Experimental studies of rainbow trout populations exposed to field applications of Roundup herbicide. Arch. Environm. Contamin. Toxicol. 121: 93-98.

Hutber, G.N., L.J. Rogers & A.J. Smith (1979). Influence of pesticides on the growth of cyanobacteria. Zeits. fur Allge. Mikrob. 19: 397-402.

Kenaga, E.E. & C.A.I. Goring (1980). Relationship between water solubility, soil sorption, octanol-water partitioning and bioconcentration of chemicals in biota. In Eaton, J.C., R. Parrish and A.C. Hendricks, eds. Aquatic Toxicology, ASTM STP 707, American Society for Testing and Materials.

Lockhart, W.L., B. N. Billeck & C. L. Baron (1989). Bioassays with a floating aquatic plant (Lemna minor) for effects of sprayed and dissolved glyphosate. Hydrobiologia 188/189: 353-359.

Miles, C.J., L.R. Wallace & H.A. Moye (1986). Determination of glyphosate herbicide and (aminomethyl)phosphonic acid in natural waters by liquid chromatography using pre-column fluorogenic labelling with 9-fluorenylmethyl chromate. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 69: 458-461.

Mitchell, D.G., P. Chapman & T.J. Long (1987). Seawater challenge testing of coho salmon smolts following Roundup herbicide exposure. Environm. Toxicol. Chem. 6: 875-878.

Monsanto Canada Inc., 350 - 441 Maclaren Avenue, Ottawa, Ontario K2P 2H3

Payne, N., J. Feng & P. Reynolds (1987). Off-target deposit measurement and buffer zones required around water for various aerial applications of glyphosate. FPM-X-80. Forest Pest Management Instit., Forestry Canada. Sault Ste. Marie.

Richardson, J.T., R.E. Frans & R.E. Talbert (1979). Reactions of Euglena gracilis to fluometuron, MSMA, metribuzin, and glyphosate. Weed Sci. 27: 619-624.

Servizi, J.A., R.W. Gordon & D.W. Martens (1987). Acute toxicity of Garlon 4 and Roundup herbicides to salmon, Daphnia and trout. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39: 15-22.

Sprankle, P., W.F. Megitt & D. Penner (1975). Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in soil. Weed Sci. 35: 229-234.

Wan, M.T., R.G. Watts & D.J Moul (1989). Effects of different dilution water types on the acute toxicity to juvenile pacific salmonids and rainbow trout of glyphosate and its formulated products. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 43: 378-385.

Welker, W.V. & D.N. Riemer (1982). Fragrant waterlily (Nymphaea odorata) control with multiple applications of glyphosate. Weed Sci. 30: 145-146.

Yates, W.E., N.B. Akesson & D.E. Bayer (1978). Drift of glyphosate sprays applied with aerial and ground equipment. Weed Sci. 26: 597-604.